



Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação
PRODEMA – Programa Regional de Pós-
Graduação em Desenvolvimento e Meio
Ambiente



PROPOSTA DE ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA
SANEAMENTO RURAL: ESTUDO DE CASO ASSENTAMENTO
25 DE MAIO, CE

LALDIANE DE SOUZA PINHEIRO

Fortaleza-Ce
2011

LALDIANE DE SOUZA PINHEIRO

**PROPOSTA DE ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA
SANEAMENTO RURAL: ESTUDO DE CASO ASSENTAMENTO
25 DE MAIO, CE**

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Araújo

Fortaleza-Ce

2011

LALDIANE DE SOUZA PINHEIRO

**PROPOSTA DE ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA
SANEAMENTO RURAL: ESTUDO DE CASO ASSENTAMENTO
25 DE MAIO, CE**

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: proteção ambiental e gestão dos recursos naturais.

APROVADA EM: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Carlos de Araújo
Universidade Federal do Ceará - Orientador

Prof. Dr. Alceu de Castro Galvão Junior
Agência Reguladora de Serviços Públicos
Delegados do Estado do Ceará, ARCE

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará-UFC

Profa. Dra. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima
Universidade Federal do Ceará-UFC

Dedicatória

Ao meu pai Francisco Pinheiro Filho (In memorian) e a minha mãe

Maria de Souza Pinheiro dedico.

Diante dos desafios da vida sempre priorizaram os meus estudos e torceram muito por este momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelo conforto em todas as horas

À minha família, pelo amor, união e apoio em todos os momentos

Ao Prof. José Carlos de Araújo, pela orientação, confiança e amizade, que me guiou e me incentivou na realização deste trabalho.

Ao CNPq, por meio do Projeto Fossa Verde, que financiou toda esta pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa que permitiu dedicar-me ao mestrado e desenvolver minha pesquisa.

Ao PRODEMA, em nome dos professores, secretária Sônia e alunos da turma 2009, pelas valiosas trocas de conhecimentos e experiências, e pelos momentos felizes no mestrado.

A todos os pesquisadores e instituições envolvidos no projeto: Ana Ecilda (INCRA), Profa. Liana e seus alunos do Curso de Serviço Social da Universidade Estadual do Ceará, por todo apoio ao meu trabalho. Aos bolsistas do Projeto Fossa Verde: Maria Auderice, Cleidson e Rosilene pelo companherismo e por toda ajuda em campo.

Aos colegas do Grupo HIDROSED: Mário Wiegand, Yuri, Vidal, Marcos Meireles, Cristian, Cicero, Diego, Carol, Thiago, Christine, Deborah Mythia, Alexandre Costa, Teixeira, José Wellington, Everton, George Mamede, Iran Lima, Leonardo Schramm pelo excelente convívio e ajuda nas viagens de campo, laboratório e desenvolvimento da dissertação.

Às famílias do Assentamento 25 de Maio pelo acolhimento, em especial, a D. Gorete, Sr Mário, Sr. Citônio, D. Maria Lima e Sr. Joaquim.

Ao Laboratório EQUAL-UFC em nome da Profa Sandra Tedde Santaella e toda sua equipe, pela confiança e permissão para realização das análises de água. Ao Laboratório LECOM-UECE, em nome do Prof. Rui Costa e Samuel, pela realização das análises bacteriológica das águas.

Aos professores Alceu de Castro e Patrícia Verônica pelas contribuições nesta dissertação e pela presença na banca. À Profa. Marta Celina, por ter me acolhido no mestrado, me apoiado e ter contribuído nesta dissertação.

À todos que de alguma forma contribuíram nesta dissertação, meu muito obrigada!

RESUMO

A escassez hídrica de regiões semiáridas associada a ausência de saneamento tornam os reservatórios vulneráveis a contaminação, implicando na eutrofização e prejuízos à saúde pública para as comunidades que os utilizam. Surge a necessidade de mecanismos possíveis de identificar quais reservatórios encontram-se em situação mais crítica para implementação de ações de controle e reversão desse processo. A dificuldade de priorizar áreas para implantação de saneamento rural é um fator que prejudica ou limita as intervenções governamentais, em virtude da escassez de instrumentos de gestão e planejamento. Desta forma, a pesquisa propôs a construção de um índice de priorização de áreas para o saneamento rural - IPAS, incorporando as dimensões ambientais, socioculturais e socioeconômicas. A área de estudo compreende o assentamento rural 25 de Maio, Madalena-Ce, que abrange uma área de 23.000 ha, onde vivem 586 famílias, organizadas em 13 comunidades. Para compor o índice, foram realizados diagnósticos das condições de saneamento, análise da qualidade da água de cisternas e açudes, levantamento de dados hidrológicos, uso e ocupação do solo, taxa de exportação de nutrientes e de capital social. Os resultados apontaram uma deficiência dessas comunidades quanto ao abastecimento de água, destino dos resíduos sólidos e esgotamento sanitário. Nas cisternas, principal fonte de água para o consumo direto, os resultados indicaram a presença de matéria orgânica e de coliformes termotolerantes, classificando 30% das cisternas com condições sanitárias insatisfatória, em virtude do manejo inadequado das mesmas. A oferta hídrica provém dos pequenos e micro reservatórios e a qualidade da água destes foi melhor no período seco do que chuvoso. As atividades desenvolvidas nas bacias dos açudes do assentamento estão contribuindo para a eutrofização dos mesmos, tendo a pecuária extensiva como a principal atividade degradadora da qualidade da água. Com o índice proposto foi possível identificar na ordem de hierarquia os açudes que merecem prioridades às ações de saneamento.

Palavras-chave: Saneamento Rural, Índice de Priorização de áreas, semiárido

ABSTRACT

Water scarcity in semiarid regions associated with lack of sanitation make reservoirs vulnerable to contamination, resulting in eutrophication and damage to communities' public health that use them. It's necessary propose mechanisms that can help to identify which reservoirs are in the most critical situation for implementation of actions able to control and reverse this process. The difficulty of prioritizing areas for implementation of rural sanitation is a factor that affects or limits the government intervention due the lack of management tools and planning. The research propose the construction of an index for prioritizing areas for rural sanitation - IPAS, incorporating environmental, sociocultural and socioeconomic characteristics. The study area is located on the 25 de Maio rural settlement (Madalena, Ceará State) that covers an area of 23,000 ha, home to 586 families, organized in 13 communities. To compose the index, were made diagnoses of sanitation conditions, analysis of tanks and reservoirs water quality, hydrological data collection, use and occupation, rate of nutrient export and social capital. The results presented that water supply is insufficient to these communities, as disposal of waste and sewage solids are precarious too. For tanks, the main source of water, the results indicated presence of organic matter and fecal coliform, classifying 30% of the tanks with poor sanitary conditions because of inadequate management of them. The water supply comes from small and micro reservoirs and water quality of these was better in the dry than wet season. Also, activities developed in settlement ponds basins are contributing to eutrophication, with extensive livestock as the main activity of degrading water quality. In sum, the index proposed identified, by hierarchy, the reservoirs that need major priority to sanitation actions.

Key-words: rural sanitation, prioritizing areas index, semiarid

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Localização do Assentamento 25 de Maio no Estado do Ceará, estando maior parte do seu território no município de Madalena, e localização das comunidades e açudes dentro do assentamento.	18
FIGURA 2. Tecnologia Fossa Verde. Fonte: Projeto de Olho na Água (2008). 32	
FIGURA 3 - [a] Kit técnico de potabilidade; [b] Análise <i>in loco</i> das águas das cisternas. Comunidade Paus Branco, Madalena, 2010.....	37
FIGURA 4 - Mapa das classes de solos do Assentamento 25 de Maio. Fonte:IPECE, 2007	41
FIGURA 5 - Pontos de coleta de água nos açudes do assentamento 25 de Maio-CE, nos meses de abril e outubro de 2010	43
FIGURA 6 - Equipamentos e sondas utilizadas para análise da água [a] Garrafa de Van Dorn [b] Turbidímetro [c] oxímetro [d] Condutivímetro. Madalena-Ce, 2010.	44
FIGURA 7 - Curvas médias de variação de qualidade das águas COMITESINOS (1990). Fonte: Lopes <i>et al.</i> , (2008)	47
FIGURA 8 – Cisterna de placa na comunidade Nova Vida I. Out/09.	58
FIGURA 9 – Resultados das análises de água das vinte cisternas do assentamento 25 de Maio-CE, no ano de 2010.	59
FIGURA 10 – Formas de captação da água no assentamento. [a] SISAR; [b] captação manual. Novembro/09.....	64
FIGURA 11 – Na comunidade Paus Branco foi presenciada a queima de resíduos sólidos domésticos e de pneus próximo às residências e à Estação de Tratamento de Água na comunidade. Jan/10.....	66
FIGURA 12 – Acúmulo de resíduos sólidos nas margens da estrada da comunidade São Nicolau. Nov/09.	67

FIGURA 13 – Percentual de reaproveitamento de resíduos sólidos no assentamento 25 de Maio-CE.....	68
FIGURA 14 – Resíduos sépticos encontrados na área circunvizinha do posto de saúde da Comunidade Paus Branco. Jan/10	70
FIGURA 15 – Destino dos efluentes no assentamento 25 de Maio no ano de 2010.	71
FIGURA 16 – Lançamento de efluentes no quintal de uma escola na comunidade de São Nicolau. Nov/09.	71
FIGURA 17. Fossa Verde com 6 meses de implantação. Set/10.....	73
FIGURA 18. Modelo digital do assentamento 25 de Maio-Ce e direção predominante do escoamento superficial.....	76
FIGURA 19. Delimitação das doze micro-bacias hidrográficas dos açudes do assentamento 25 de Maio.	77
FIGURA 20 – Mapa de classificação do uso e ocupação do solo do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce no mês de julho do ano de 2010. ...	79
FIGURA 21 – Dessedentação do gado no açude Mel. Set/10.	85
FIGURA 22. (a) Açude Paus Branco - Set/10 (b) Açude Paus Branco – Mar/11.	87
FIGURA 23. Reuniões com os moradores do assentamento 25 de Maio.....	95
Figura 24 – Comparação da priorização estipulada pelo projeto Fossa Verde e calculado pelo IPAS. 2010.	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Número de residências e habitantes nas micro-bacias do Assentamento 25 de Maio no período de 2009 a 2010, considerando a média de cinco pessoas por residência	39
TABELA 2 - Classes de uso do solo e coeficiente de exportação de nitrogênio total (N_{TOTAL}) e fósforo total (P_{TOTAL}) correspondentes, em $kg. km^{-2}. ano^{-1}$	41
TABELA 3 - Parâmetros analisados de qualidade da água dos açudes do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce	45
TABELA 4 - Variáveis utilizadas e seus pesos relativos para cálculo do IQA, segundo Comitesinos (1990).....	46
TABELA 5 – Faixas de qualidade de água para IQA (COMETESINOS, 1990) 48	
Tabela 6. Número de habitantes abastecidos pelos açudes do Assentamento 25 de Maio no período de 2009 a 2010.....	53
TABELA 7: Número de domicílios, famílias, pessoas e infraestrutura de cada comunidade do assentamento 25 de Maio-Ce	56
TABELA 8. Análise microbiológica da água de 20 cisternas do Assentamento 25 de Maio no ano de 2010.....	61
TABELA 9. Características física dos reservatórios no assentamento 25 de maio em Madalena-CE.....	75
TABELA 10 – Classificação do solo para as 12 micro-bacias hidrográficas do assentamento 25 de Maio-Ce.	80
TABELA 11 – Estimativa de contribuição de nutrientes (N e P) em $kg.ano^{-1}$ nos açudes do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce.....	82
TABELA 12. Indicadores de qualidade da água (qi^{wi}) utilizados no cálculo do IQA.	84

TABELA 13. Índice de Valorização dos Açudes – IVA calculado para os açudes do assentamento 25 de Maio-Ce.	88
TABELA 14 – Índice de contribuição de cargas calculado para os açudes do assentamento 25 de Maio-CE	90
TABELA 15. Índice em Função da qualidade de água calculado para os açudes do assentamento 25 de Maio-Ce	90
TABELA 16 – Índice de Capital Social calculado para o assentamento 25 de Maio-Ce.....	91
TABELA 17 – Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural – IPAS calculado para o assentamento 25 de Maio-Ce	93

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Caracterização da área	20
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Poluição dos recursos hídricos na zona rural	23
2.2	Fontes de poluição	27
2.3	Saneamento rural	28
2.4	Indicadores na avaliação da poluição dos recursos hídricos.....	34
3.	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1	Diagnóstico do Saneamento.....	36
3.2	Caracterização dos Recursos Hídricos Superficiais	38
3.2.1	Estimativa das cargas pontuais e difusas de nutrientes	39
3.2.2	Qualidade das águas dos reservatórios	42
3.3	Construção de uma proposta de índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural.....	48
3.3.1	Cálculo do IPAS.....	51
3.3.1.1	Índice de Valorização dos Açudes - IVA.....	52
3.3.1.2	Índice de Contribuição de Cargas - ICC	54
3.3.1.3	Índice em Função da Qualidade da Água - IFQA.....	54
3.3.1.4	Índice de Capital Social – ICS	54
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
4.1	Diagnóstico do Saneamento.....	56
4.1.1	Vertente Abastecimento de Água	57
4.1.2	Vertente Resíduos Sólidos	66
4.1.3	Eixo Esgotamento Sanitário	70
4.2	Caracterização dos Recursos Hídricos.....	74
4.2.1	Múltiplos usos e aspectos hidrológicos.....	74
4.2.2	Condições de Uso e Ocupação do Solo e sua Implicação na contribuição de cargas aos reservatórios	78
4.2.3	Avaliação da Qualidade da Água	83

4.3	Índice de priorização de áreas para o saneamento rural.....	88
4.3.1	Índice de Valorização dos Açudes – IVA.....	88
4.3.2	Índice de Contribuição de Cargas – ICC	89
4.3.3	Índice em Função da Qualidade da Água – IFQA	90
4.3.4	Índice de Capital Social - ICS	91
4.3.5	Hierarquia de Ações - IPAS.....	92
4.4	Experiência do Projeto Fossa Verde no Assentamento 25 de Maio-Ce e Avaliação do IPAS	94
5.	CONCLUSÕES.....	98
6.	REFERÊNCIAS	100

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela deficiência hídrica com variabilidade das precipitações pluviométricas e pela presença de solos pobres e matéria orgânica, compreendendo cerca de 33% de todo o planeta (SILVA, 2008). A precipitação média anual nessas regiões é inferior a 800 mm. Com uma população de aproximadamente 21 milhões de pessoas, abrange 90% do nordeste e mais a região setentrional de Minas Gerais (MALVEZZI, 2007). O semiárido brasileiro apresenta-se como o mais populoso e mais chuvoso do planeta, com médias pluviométricas de 750 mm/ano (SILVA, 2008)

O Estado do Ceará possui 92% do seu território inserido no semiárido, caracterizado pelo forte deficit hídrico, com médias pluviométricas anuais em torno de 900 mm/ano e taxas de evaporação potencial de 2200 mm/ano (ARAÚJO *et al*, 2006). A construção de reservatórios passou a ser a solução quanto ao armazenamento de água e possibilidades de atividades de subsistência associadas às suas margens e áreas de inundação.

Anteriormente, a disponibilidade hídrica dependia exclusivamente da sazonalidade e dos regimes de cheias dos rios, caracterizados por intermitentes sazonais. No processo histórico de ocupação dos sertões do Ceará, as margens dos cursos fluviais, pela disponibilidade hídrica e pela presença de solos mais férteis, contribuíram como aglutinadores da população difusa e surgimento de importantes cidades (SOUSA, 2005).

A presença predominante de rochas cristalinas limita a infiltração e conseqüentemente a recarga de água dos aquíferos. Quando se tem acesso à água acumulada nesses aquíferos, por meio de poços, verifica-se uma qualidade inferior da água para consumo humano, animal e para irrigação da lavoura devido à alta concentração de sais minerais, originada da fissura das rochas (SILVA, 2008).

Essas características fizeram com que a açudagem fosse fundamental para a fixação do homem no interior e a diminuição do êxodo para os centros urbanos nos períodos de estio prolongado. Aproximadamente 93% da oferta hídrica do Estado vêm das águas superficiais acumuladas nos açudes (ARAÚJO, 2003). No entanto, a disponibilidade da água armazenada no momento, não é bem distribuída no Ceará, necessitando de planejamento e políticas que assegurem uma distribuição mais igualitária.

Além da má distribuição espacial da água observa-se ainda a desigualdade socioeconômica da população. Dos seus 8.185.286 habitantes, cerca de três milhões não têm acesso à água tratada e mais de cinco milhões não têm acesso ao esgotamento sanitário (CEARÁ, 2008).

Para Porto *et al* (1999), um dos graves efeitos da “seca”, nas regiões semiáridas, é a escassez de água potável para o consumo familiar. À medida que as fontes habituais de água se esgotam, como os açudes, a população passa a utilizar as não habituais, geralmente partilhadas com animais, agravando a situação em virtude da péssima qualidade da água, que contribui para uma maior incidência de doenças no meio rural (BEZERRA, 2004).

Visando sanar este problema, estudos foram iniciados sobre sistemas de captação de chuva utilizando tecnologias que almejam melhorar a vida da população camponesa e sua convivência com o semiárido. Destaca-se entre estas tecnologias a cisterna de placas. O Programa de Formação e Mobilização para a Convivência com o semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) é um exemplo disso.

Financiado pelo Ministério de Desenvolvimento Social – MDS, no âmbito da Rede de Tecnologia Social – RTS, o P1MC tem como meta garantir água para consumo de um milhão de famílias rurais minimizando e até eliminando os problemas de saúde relacionados com a falta de água e com doenças de veiculação hídrica (TAVARES, 2009).

Segundo dados da Articulação do Semiárido - ASA, até dezembro de 2010 já foram construídas 322.000 cisternas em áreas rurais (ASA, 2010).

Os números oficiais no Ceará são de 38.503 cisternas (CEARÁ, 2009). Porém, em relação ao destino dos esgotos muito há o que fazer, considerando que o aumento na oferta de água reflete também no volume de águas servidas que retornam ao sistema hídrico sem tratamento prévio. Para zonas urbanas o volume de esgoto produzido corresponde a 80% do volume total da água utilizada no domicílio, no entanto, este valor é desconhecido para as zonas rurais do semiárido.

Nas pequenas comunidades rurais cearenses os açudes são os principais mananciais de abastecimento, sendo utilizados para diversas atividades, tais como uso doméstico, práticas agrícolas, dessedentação de animais, lazer e pesca, sendo necessários para a sua sustentabilidade a conservação da qualidade das águas e o controle da quantidade acumulada.

A qualidade da água consumida pela população é capaz de alterar significativamente o perfil de uma comunidade contribuindo, portanto, para o desenvolvimento local sustentável, promoção da saúde e manutenção da qualidade ambiental, o que o torna um elemento chave na proposta do desenvolvimento (MACHADO e KLEIN, 2006).

Considerando a grande demanda por fontes hídricas capaz de satisfazer os parâmetros de qualidade de água para o uso determinado e específico, é necessário um planejamento e gestão bem sucedidos dos mesmos. O saneamento composto por: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos sanitários, coleta e tratamento de resíduos sólidos, é uma condição primordial para a promoção de dois aspectos: a saúde de uma população e a qualidade ambiental. Portanto as ações relacionadas com o saneamento influem diretamente nas condições de saúde da população (WHO-UNEP, 2004).

O emprego do saneamento como instrumento para melhoria da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que tem impedido a expansão dos seus benefícios aos residentes de áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte (FUNASA, 2006).

A dificuldade de priorizar as áreas para implantação de saneamento rural é um fator que prejudica ou limita as intervenções governamentais, em virtude da escassez de instrumentos de gestão e planejamento. É notória a deficiência em cobertura de sistemas de saneamento. Neste contexto, a hierarquização de investimentos em saneamento rural se torna indispensável visando à maximização dos benefícios derivados.

Exemplo disto pode ser observado no Assentamento 25 de Maio, localizado nos municípios de Madalena, Quixeramobim e Boa Viagem - CE, com 76% do território pertencentes ao Município de Madalena-Ce (Figura 1). O assentamento dista 210 km de Fortaleza e o acesso é realizado pela BR-020. Criado no ano de 1989 pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, este representa um marco na luta pela reforma agrária, no qual se inserem ações do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST no Ceará, sendo o primeiro assentamento do Estado sob responsabilidade federal.

As comunidades do assentamento não dispõem de rede coletora de esgoto, utilizando a fossa rudimentar como destino final dos dejetos. Os açudes são as principais fontes de água no 25 de Maio, e nesses já existem evidências de problemas como eutrofização e contaminação bacteriológica (FEITOSA, 2011), necessitando de estudos e ações que visem o combate a escassez dos recursos hídricos, pela poluição.

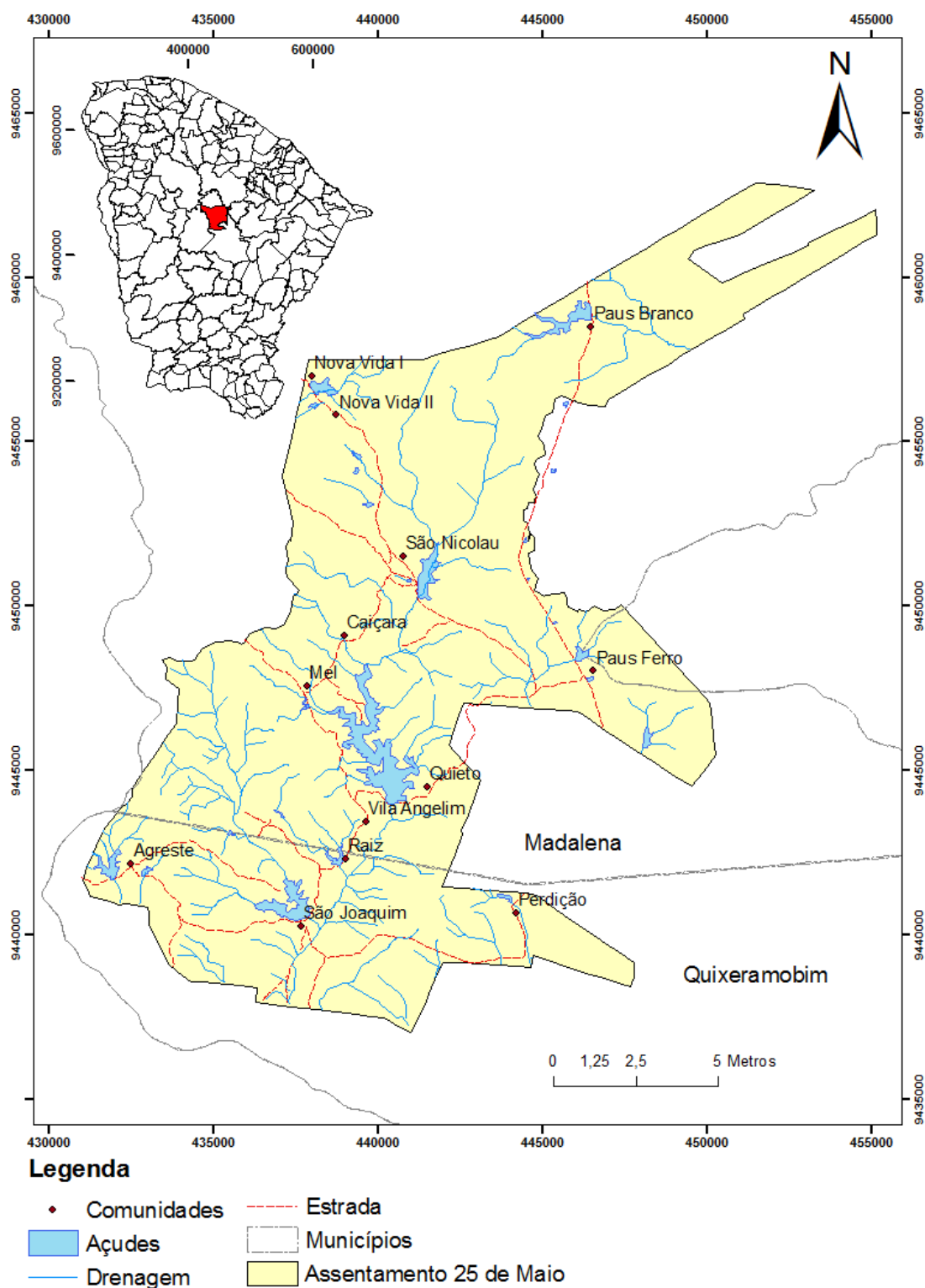


FIGURA 1. Localização do Assentamento 25 de Maio no Estado do Ceará, estando maior parte do seu território no município de Madalena, e localização das comunidades e açudes dentro do assentamento.

Diante da problemática de saneamento rural no assentamento 25 de Maio, um grupo interdisciplinar formado em parceria pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), através do projeto “Biorremediação Vegetal do Esgoto Domiciliar: Água Limpa, Saúde e Terra Fértil” (2009-2012), estudam a viabilização e adequação da tecnologia “Fossa Verde” como solução de esgotamento sanitário para o semiárido.

Para a avaliação da tecnologia o projeto construiu 64 módulos, no entanto, um dos principais entraves surgidos no âmbito da pesquisa foi: qual o critério de seleção para as residências que receberão as Fossas Verdes pilotos. Verifica-se na literatura e nos órgãos públicos uma carência de modelos que desempenham o papel de instrumentos de auxílio à decisão sobre as prioridades de intervenções para os serviços de saneamento, principalmente em áreas rurais. O que permite a elaboração de alguns questionamentos:

Quais as estratégias para combater a diminuição da qualidade dos recursos hídricos em áreas rurais do semi-árido nordestino? Como envolver a comunidade local neste processo? Qual o caminho a percorrer em busca do manejo sustentável e melhoria da qualidade de vida das comunidades ribeirinhas? Quais os indicadores eficazes de acompanhamento, monitoramento e priorização do saneamento?

Por isso, esta dissertação tem como objetivo geral propor a construção de um Índice de Priorização de Áreas para a Implantação do Saneamento Rural. Neste sentido, serão contemplados os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Realizar diagnóstico do sistema de saneamento do assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce, nas vertentes: abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos;
- ✓ Avaliar o índice proposto em relação à efetiva implantação do sistema de saneamento Fossa Verde pelo Projeto “Biorremediação Vegetal do Esgoto Domiciliar: Água Limpa, Saúde e Terra Fértil”

- ✓ Analisar a tecnologia de saneamento rural “Fossa Verde” quanto ao seu dimensionamento e viabilidade em regiões semiáridas

1.1 **Caracterização da área**

Intitulado de Fazenda Reunidas São Joaquim e classificado como latifúndio improdutivo pelo INCRA no ano de 1986, o imóvel foi desapropriado. Após muitas lutas e resistências dos trabalhadores rurais, em agosto de 1989, por meio do Ato 127-P, foi criado o Assentamento São Joaquim, mais conhecido como Assentamento 25 de Maio.

Este representa um marco do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST no Ceará, sendo o primeiro assentamento do Estado e sob responsabilidade federal. Com área de aproximadamente 23.000 ha, o assentamento foi dividido em 12 agrovilas e 414 parcelas de aproximadamente 30 ha foram distribuídas por família assentada (CEARÁ, 2005).

Atualmente, estão instaladas 586 famílias, organizadas em 13 comunidades, sendo destas 430 assentadas, que são as famílias cadastradas junto ao INCRA, beneficiárias de programas e verbas do governo para trabalhadores rurais, e 156 famílias agregadas, não beneficiárias.

As principais atividades econômicas realizadas no assentamento são a agricultura com o plantio em sequeiro de milho e feijão, apicultura e a pecuária extensiva, sobressaindo-se a bovinocultura leiteira e ovinocapricultura de corte, ocupando um papel de destaque na economia do município de Madalena (CEARÁ, 2005). Outro cultivo bastante representativo na economia local é a produção da mamona.

O clima da região de estudo é do tipo Tropical Quente Semiárido (IPECE, 2007), caracterizado pela variabilidade temporal e um regime de chuva irregular, marcado por períodos extensos de estiagem. A temperatura média anual está em torno dos 26°C a 28°C.

Segundo Zanella (2005), a distribuição da precipitação no Estado do Ceará apresenta variação, tanto no tempo como no espaço, com as chuvas se concentrado principalmente nos meses de fevereiro/março/abril/maio, quando o Estado fica sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico causador da precipitação.

Outros fatores que exercem influência sobre o regime de chuvas no sertão cearense são as condições termodinâmicas do Oceano Pacífico (fenômenos *El Niño* e *La Niña*) e Atlântico (Dipolo), responsáveis pela existência de anos secos, normais e chuvosos (CEARÁ, 2008).

Os dados referentes à série histórica pluviométrica dos últimos 21 anos (1988-2009) do Posto de Madalena mostraram que a média pluviométrica anual da região estudada é de 601 mm. A evaporação média da área é de 2100 mm (CEARÁ, 2009). A região apresenta um deficit hídrico para a atmosfera, devido às elevadas temperaturas e às altas taxas de evaporação, aliadas à baixa pluviosidade.

Situada entre as cotas altimétricas de 250 e 360m, a área de estudo está sob formação geológica datada do período Pré-Cambriano composta por rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica (CEARÁ, 2009).

A geologia da área reflete na disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que a estrutura geológica do terreno dificulta a infiltração da água, resultando no baixo potencial de águas subterrâneas que quando ocorrem, é por meio dos sistemas de fraturas.

A rede de drenagem do assentamento 25 de Maio faz parte da bacia do Banabuiú, que drena 13% do território cearense (CEARÁ, 2008). Os rios e riachos são intermitentes, com o escoamento superficial restrito aos períodos chuvosos. O armazenamento das águas no assentamento é realizado por 13 açudes, responsáveis pelo abastecimento de toda a população. A maioria dos açudes possui o mesmo nome da comunidade onde estão localizados.

Com base no mapa de solos do Estado do Ceará (IPECE, 2007), a área de estudo é constituída pelas classes de solos: Luvisolos (Bruno Não Cálcico), Neossolos Litólicos (Litólicos), Vertissolos e Neossolos Flúvicos (Solos Aluviais), estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 1999).

As unidades fitoecológicas da área de estudo caracterizam-se por Caatinga Arbustiva Densa, e uma parte da Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) (CEARÁ, 2005). Estas unidades de vegetação apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas aos períodos de seca (PEREIRA; SILVA, 2005), tratando-se de um bioma com alta biodiversidade, no qual se destacam a formação vegetal xerófila, com folhas pequenas que reduzem a transpiração, caules suculentos para armazenar água e raízes espalhadas para capturar o máximo de água durante as chuvas (SILVA, 2008).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Poluição dos recursos hídricos na zona rural

Varias ações foram e estão sendo executadas para que a disponibilidade de água seja realidade para a população do interior do Estado do Ceará. Porém, o que fazer com as águas servidas ainda é um grande desafio.

Os efluentes domésticos são constituídos basicamente por c o n t a m i n a n t e s o r g â n i c o s , n u t r i e n t e s e microorganismos, que podem ser patogênicos (MERTEN; MINELLA, 2002). O esgoto domiciliar possui aproximadamente 99,9% de água, no entanto, a fração de 0,1% o torna de alto poder contaminante, necessitando, portanto, de um sistema de tratamento adequado (VON SPERLING, 2005).

No Estado do Ceará, a cobertura de rede pública de esgotamento sanitário nas áreas rurais é de 0,4%, enquanto que nas áreas urbanas, esses valores atingem os 30% (IBGE, 2007). Essas divergências se devem principalmente às dificuldades de implantação de rede coletiva nas áreas rurais devido à distância entre as casas e aos custos de implantação e operação desse serviço.

Nas pequenas comunidades os esgotos domésticos têm seu destino final em fossas rudimentares e lançamento direto no solo. Segundo Von Sperling (2005), esses destinos envolvem a infiltração no solo e apresentam um alto risco de contaminação, principalmente por microorganismos patogênicos. Essas práticas, além de contaminar o solo, ocasionam a contaminação dos açudes, por meio do escoamento superficial, onde os poluentes são carregados, e conseqüentemente trazem riscos à saúde coletiva seja pelo contato direto com os esgotos ou no consumo de água contaminada pelos mesmos (BRASIL, 2006).

Doenças como a diarreia, causadas pela falta de higiene e ausência de saneamento nas áreas rurais, matam todos os anos 1,5 milhão de crianças

menores de cinco anos de idade (OMS, 2010). As doenças de veiculação hídrica, sensíveis às condições de saneamento, continuam como causas importantes de internação, principalmente nas faixas extremas (infância e velhice) de vida no estado do Ceará (CEARÁ, 2009).

A água de consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarréicas de natureza infecciosa, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica (ISAAC-MARQUEZ *et al*, 1994). Os resultados obtidos por Amaral *et al.* (2003) em 34 propriedades rurais confirmaram que a água é um fator de risco à saúde dos seres humanos que a utilizam. O Ministério da Saúde por meio da Secretaria de Vigilância da Saúde instituiu a Portaria N.º 518, de 25 de Março de 2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A qualidade da água não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas às características químicas, físicas e biológicas (MERTEN; MINELLA, 2002). Assim a resolução do CONAMA N.º. 357 de 17 de março de 2005 procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diversos usos, classificando os corpos hídricos em diferentes classes (BRASIL, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), poluição corresponde à adição de substâncias ou de formas de energias que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudiquem os legítimos usos que dele são feitos.

A ocupação e o uso do solo pelas atividades agropecuárias e os despejos de esgotos domésticos contribuem para a degradação da qualidade da água dos mananciais em áreas rurais, sendo fontes de contaminantes que, com a precipitação, atingem os reservatórios por meio do escoamento superficial.

O nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente nitrogênio e fósforo, acarreta o crescimento das plantas aquáticas, em tais níveis que sejam considerados causadores de interferências com os usos

desejáveis do corpo d'água (VON SPERLING, 2005). Esse enriquecimento de nutrientes causa a eutrofização dos reservatórios, derivando uma série de alterações nesses ecossistemas (Smith *et al*, 2006).

Segundo Wetzel (1993) a eutrofização é um dos estados da sucessão natural dos ecossistemas aquáticos. À medida que o tempo passa e os nutrientes vão se acumulando, ocorre um desenvolvimento cada vez maior das populações de fitoplâncton, observando-se com freqüência a floração de algas. Quando acontece naturalmente, a eutrofização é gradual e muito lenta.

Entretanto, quando este processo é acelerado, há um aumento desordenado na produção de biomassa, impossibilitando a sua incorporação pelo sistema aquático com a mesma velocidade e provocando, assim, um desequilíbrio ecológico (SOUZA, 1993).

A floração de algas potencialmente tóxicas são os efeitos mais consistentes da eutrofização de ecossistemas de água doce (DOWNING *et al*, 2001; HUISMAN *et al*, 2005). Causam um amplo impacto social, econômico e ambiental, ocasionando sérios problemas para a qualidade da água, recursos pesqueiros, aqüicultura e, principalmente para a saúde humana (ROCHA, 2008) devido à liberação de toxinas.

Em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações, de manutenção da vida aquática e de recreação (FIGUEIRÊDO *et al*, 2007) . Santos *et al* (2004) informam que 53% dos lagos europeus se encontram eutrofizados, assim como 28% dos africanos, 48% dos norte-americanos e 41% dos sul-americanos. Na Ásia essa proporção chega a 54%. No Estado do Ceará, 61% dos 126 açudes monitorados foram avaliados como eutróficos pela COGERH (CEARÁ, 2008).

Os açudes do semiárido se tornam mais vulneráveis, uma vez que durante o período de estiagem há diminuição dos volumes dos reservatórios devido à elevada evaporação e aumento da demanda de água pelo excessivo calor. Com os volumes reduzidos, as concentrações de carga poluidora sofrem destacado crescimento dentro dos açudes (ALMEIDA *et al*, 2008).

A utilização de um nutriente por um organismo obedece à “Lei do Mínimo” observado por Liebig, através da qual o crescimento de um organismo é limitado pela substância disponível nas quantidades mínimas relativas às suas necessidades para crescimento e reprodução (ODUM, 1988). Ou seja, em baixas concentrações o crescimento de determinada população é baixo, e com seu aumento, o crescimento populacional também aumenta. Os principais nutrientes limitantes em corpos aquáticos são o Nitrogênio e o Fósforo.

No solo, a maior parte do nitrogênio (N) está na matéria orgânica. Nesse processo, parte do N pode se perder através de perdas gasosas e lixiviação. A outra parte de N é exportada através das culturas. No caso do fósforo (P), as fontes desse elemento para os solos agrícolas são o material de origem do solo e os fertilizantes. Devido sua menor mobilidade, as maiores perdas de fósforo se dão pela erosão e pela exportação através das culturas (BERTO, 2004).

De acordo com Esteves (1998) na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade, sendo apontado como principal responsável pela eutrofização artificial desses ecossistemas.

Salas e Martino (1991) esclarecem que, mesmo que se controle o aporte externo de nitrogênio, há organismos (cianobactérias) com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, não tendo suas concentrações reduzidas com a diminuição da carga afluyente. Por estas razões, dá-se maior prioridade ao controle das fontes de fósforo quando se pretende controlar a eutrofização em um corpo d’água (VON SPERLING, 2005).

Diversos modelos empíricos simplificados foram desenvolvidos para controle do processo de eutrofização, sendo utilizados na estimativa da concentração de fósforo no corpo d’água. O modelo empírico mais conhecido mundialmente é o de Vollenweider (1976), que propôs que a mudança na concentração do fósforo em um lago, ao longo do tempo, é igual à carga adicional por unidade de volume, menos as perdas devido à sedimentação e pelas saídas do sistema (JORGENSEN; VOLLENWEIDER, 2000).

2.2 Fontes de poluição

As fontes poluentes nas zonas rurais têm origem antrópica e podem ser pontuais ou difusas. As fontes pontuais referem-se aos despejos domésticos, enquanto que as difusas relacionam-se com os insumos agrícolas aplicados nos agroecossistemas e no entorno dos reservatórios (LIMA; GARCIA, 2008).

As cargas pontuais de poluição estão associadas a qualquer meio perceptível, confinado ou desviado de transporte de poluentes – especialmente de águas residuárias domésticas e industriais - para as águas superficiais (MANSOR, 2005). Dessa forma, é essencial a disposição adequada dos esgotos, daí a importância e necessidade do saneamento.

À medida que se procede à identificação e o subsequente controle das cargas pontuais, as fontes difusas ganham destaque (CAMPBELL *et al.*, 2004; DIOGO, 2008). No entanto, no Brasil as fontes pontuais são mais evidentes, uma vez que, é elevada a quantidade de efluentes domésticos e industriais que não possuem destino final adequado (MANSOR *et al.*, 2006).

No inventário realizado no Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará foram listadas as principais fontes de poluição natural e antrópica de 15 bacias hidrográficas. Destacadamente as águas servidas constituíram na principal fonte de nutrientes (N e P) e metais para os corpos hídricos, no caso os estuários (LACERDA; SILVA, 2005).

Sucupira (2006) aplicando o mesmo método no médio e baixo curso do rio Acaraú-CE, verificou que 90% das fontes de nutrientes desencadeadores da eutrofização são oriundos das águas servidas de residências e indústrias.

A poluição difusa é consequência de um conjunto de atividades humanas no qual os poluentes não têm um ponto evidente de entrada nos meios aquáticos (Diogo *et al.*, 2003).

Segundo Mansor (2005), na área rural, a poluição difusa é devida em grande parte à drenagem de precipitações pluviométricas a partir de solos agrícolas e ao fluxo de retorno da irrigação, sendo associada aos sedimentos

(carreados quando há erosão do solo), aos nutrientes (nitrogênio e fósforo) e aos defensivos agrícolas.

A magnitude das contribuições de fontes difusas de nutrientes em uma bacia hidrográfica na zona rural está intimamente ligada à ocupação e ao manejo do solo, os quais por sua vez estão relacionados às interações solo – água - nutrientes e às condições climáticas, topográficas, pedológicas e geológicas locais (ROSSI PISA *et al.*, 1999).

O fato de se tratar de um processo espacialmente distribuído, assume importância crescente em áreas de estudo de maiores dimensões, tornando mais difícil a tarefa de quantificação da poluição de origem difusa (DIOGO *et al*, 2004), e seu controle mais complicado do que no caso de poluição de origem pontual (CAMPBELL *et al*, 2004).

A poluição difusa é reconhecida como um fator determinante na qualidade da água, sendo atualmente considerado em muitos países, o maior problema de poluição da água (CAMPBELL *et al*, 2004).

Estudos sobre a quantificação de cargas difusas em áreas rurais do semiárido são incipientes. Neste contexto, destaca-se o estudo realizado por Figueredo *et al* (2007) nos açudes Araras, Edson Queiroz e Jaibaras, na bacia hidrográfica no rio Acaraú, que identificou na criação de boi a principal fonte de nutrientes.

2.3 Saneamento rural

De acordo com a Organização Mundial da Saúde - OMS, saneamento é um conjunto de medidas que visam à preservação ou alteração das condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde. Estão contemplados nas ações de saneamento referente à Lei n° 11. 445 o abastecimento de água potável, manejo dos resíduos sólidos, esgotamento sanitário, drenagem, gestão associada, universalização e controle social (BRASIL, 2007).

A abrangência dos serviços de saneamento básico no Brasil ainda é caracterizada por deficit marcante que se reflete em elevados índices de doenças relacionadas à inexistência ou inadequação desses serviços em diversos municípios (LIMA NETO; SANTOS, 2009). Sobretudo no que se refere ao esgotamento e tratamento de esgotos, a maior carência encontra-se nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde está concentrada a população mais pobre (GALVÃO JUNIOR, 2009).

Dados do dossiê de saneamento asseguram que 65% das internações de crianças no Brasil estão associadas à falta de saneamento (PASSETO, 2006).

A cobertura de abastecimento de água no Brasil, Nordeste e Ceará nas zonas urbanas são de 90%, 92% e 93% respectivamente (IBGE, 2007). Nas zonas rurais esses valores caem para 20%, 31% e 37% de cobertura. No que concerne à implantação de rede coletiva de esgotamento sanitário, a cobertura no Brasil, Nordeste e Ceará nas zonas urbanas são de 60%, 40% e 27%, respectivamente. Na zona rural, os valores são de 5,5%, 2,6% e 0,4% de cobertura (IBGE, 2007). Estes dados refletem a continuidade histórica mundial e nacional de priorizar o saneamento básico nas cidades (KAICK, 2007).

As ações relacionadas ao saneamento rural são uma forma de minimizar as emissões de cargas poluidoras, manutenção da qualidade dos recursos hídricos e conseqüente desenvolvimento humano e econômico em áreas rurais.

Os sistemas a serem instalados devem contemplar a realidade sociocultural da população, as características do ambiente físico e natural, os custos e as condições de implantação, operação e manutenção em conseqüência da sua eficiência (BRASIL, 2004).

Referente aos aspectos técnicos, a universalização dos sistemas de saneamento não significa o uso exclusivo de tecnologias convencionais e pode, portanto, contemplar alternativas simplificadas e individuais (GALVÃO JÚNIOR, 2009).

O Ministério da Saúde, por intermédio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), lançou os “Programas e ações de saneamento em comunidades isoladas no Brasil” que fazem parte do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC do Governo Federal (BRASIL, 2008). As áreas contempladas são os municípios com até 30 mil habitantes e os aglomerados rurais com até 2.500 habitantes (SCHERER, 2006), tendo como meta a ampliação do serviço de esgotamento sanitário e a implantação de tecnologias alternativas.

Visando sanar problemas quanto ao destino dos efluentes em áreas rurais, surge a necessidade de implantação e estudos de tecnologias alternativas adaptadas ao semiárido que garantam o bem estar dessa população e a preservação do ambiente em que elas estão inseridas.

A Lei n. 11.445 de 2007, referente ao saneamento básico, admite e incentiva a implantação de soluções alternativas em áreas isoladas (BRASIL, 2007). Dentre estas alternativas podem ser enumeradas a permacultura, saneamento ecológico e as fossas verdes.

Os esgotos domiciliares são compostos de nutrientes, e estes se encontram na forma ideal para serem absorvidos pelas plantas: nitrogênio em forma de uréia, fósforo como superfosfato e potássio na forma iônica (ESREY *et al.*, 1998).

A reciclagem de nutrientes, por meio do reaproveitamento das excretas, previne a contaminação direta causada pela descarga de águas negras nos mananciais e demais ecossistemas (GALBIATI, 2009). Um benefício secundário é que se devolvem os nutrientes ao solo e às plantas, reduzindo-se com isso a necessidade de fertilizantes industriais (ESREY *et al.*, 1998).

A Permacultura e o Saneamento Ecológico têm como enfoque principal o aumento da disponibilidade hídrica pela economia de água, a proteção dos recursos hídricos pelo não lançamento de esgoto - tratado ou não - nos cursos de água, possibilitando a reutilização racional de todos os

nutrientes presentes nas excretas (WINBLAD; SIMPSON-HÉRBERT, 2004 apud GALBIATI, 2009).

O processo de biorremediação vegetal, também chamado de “Fossa Verde”, surge como uma alternativa de tratamento de efluente domiciliar, contemplando a realidade sociocultural das comunidades rurais, considerando o ambiente físico e natural característico do semiárido nordestino, além do reduzido custos de implantação (quando comparado às tecnologias convencionais) e a fácil manutenção (PINHEIRO *et al*, 2011; WIEGAND *et al*, 2011 e ELLERY *et al*, 2010).

O sistema Fossa Verde ou Tanque de Evapotranspiração, é uma técnica disseminada pelo Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado (ECOCENTRO IPEC), que vem sendo aplicada em diversas localidades. No Estado do Ceará, destaca-se o projeto de Olho na Água, que saneou as comunidades costeiras de Icapuí com a Fossa Verde.

O sistema consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara onde os furos dos tijolos ficam virados para baixo. O esgoto é direcionado para dentro da câmara, caracterizado por ser um meio anaeróbio e, em seguida, passa a escoar para a parte externa dessa estrutura, que é preenchida por materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e solo, onde são cultivadas as plantas (Figura 2). A água excedente sai por evapotranspiração.

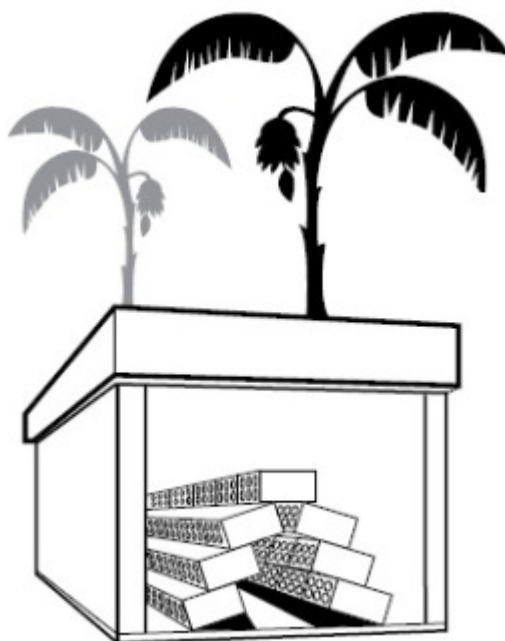


FIGURA 2. Tecnologia Fossa Verde. Fonte: Projeto de Olho na Água (2008).

Segundo Santos (2004) saneamento é um conceito construído por pessoas por meio de um processo educativo e não apenas das tecnologias implantadas por Programas. Considera-se cada vez mais importante a participação da comunidade no gerenciamento ambiental, integrado tanto pelos aspectos de conscientização e esclarecimento dos setores sociais quanto pela necessidade da constante preservação e conservação das áreas ambientais e recursos hídricos.

Segundo Zanete *et al.* (2007), o processo participativo pode propiciar às pessoas e às comunidades uma reflexão contextualizada sobre a realidade e proporcionar formação e capacitação para organizações coletivas democráticas.

Como exemplo de participação popular nas ações de saneamento, tem-se o Projeto de Recuperação Urbana e Ambiental de Lobito e Benguela (Prualb) 1992 a 1999, que foi implantado em Angola (BRAGA, 2005). O projeto previa melhorar a salubridade do meio implantando a coleta de resíduos sólidos, melhorias nos sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem

pluvial. A promoção da educação ambiental e hábitos de higiene, assim como a mobilização comunitária garantiram o sucesso das ações do programa, uma vez que a população se sentiu na necessidade de sanar os seus problemas.

Na zonal rural do nordeste do Brasil, destaca-se o projeto de Saneamento Ambiental do Assentamento Dandara dos Palmares-BA, no qual todo o processo de elaboração do projeto, bem como a escolha das tecnologias mais adequadas ao local, foram discutidas e escolhidas pela equipe técnica junto com as famílias (MAY *et al*, 2003).

Para que os programas de saneamento rural obtenham sucesso, é importante considerar as especificidades locais e regionais, entendendo como se dão as relações da sociedade com a natureza. O conhecimento de variáveis como as características ambientais, sociais, culturais e econômicas é fundamental nas estratégias de controle da poluição dos recursos hídricos.

A integração de variáveis complexas, na forma de índices pode consistir em importante ferramenta para o manejo e gestão dessas áreas. Aliado a isto, o desenvolvimento de trabalho de educação sanitária para a população do meio rural e a adoção de medidas preventivas é condição fundamental à preservação das fontes de água e o tratamento das águas já comprometidas.

Aliada também às técnicas de tratamento de dejetos, a educação sanitária é a ferramenta necessária para diminuir o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica.

A ocorrência de processos de eutrofização em inúmeros reservatórios, aliada ao deficit de Investimento em infraestrutura dos serviços de saneamento básico em todo o país, dificulta a tomada de decisão pelo poder público de quais reservatórios encontram-se em situação mais crítica para implementação de ações emergenciais de controle e reversão desse processo (FIGUEIRÊDO *et al*, 2007).

2.4 Indicadores na avaliação da poluição dos recursos hídricos

O processo de construção de um sistema de indicadores que envolva a relação homem-natureza exige uma concepção interdisciplinar. Um indicador é uma ferramenta que possibilita obter informações sobre uma dada realidade ou fenômeno (MITCHELL, 1997). Sintetiza um conjunto complexo de dados, com escalas de valores quantitativos e qualitativos (HATCHUEL; POQUET, 1992; BOUNI, 1996; MITCHELL, 1997).

Os indicadores têm como papel principal a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público. Em particular, eles podem ajudar a simplificar um arranjo complexo de informações sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, possibilitando uma visão “sintetizada” das condições e tendências existentes (VON SCHIRNDING, 2002; MARZAL; ALMEIDA, 2000). Neste sentido, os indicadores devem facilitar processos de comunicação, baseados em dados estatísticos, para servir de orientação quando se faz necessário decidir, que tipo de ação deve ser tomada (MOUSINHO, 2001).

Segundo Borja e Moraes (2003), no campo do saneamento ambiental, é urgente a estruturação de um sistema de indicadores para avaliar as condições ambientais, principalmente pela necessidade de se dispor de instrumentos confiáveis que respaldem o planejamento, a execução e a avaliação da ação pública.

O princípio utilizado na estruturação dos indicadores é o sistêmico, no qual o resultado de uma análise é o produto da interdependência, e relação de causa e efeito entre as variáveis estudadas (MAIA *et.al*, 2001).

A construção e/ou aplicação de um indicador deve considerar, antes de tudo, as especificidades das características ambientais, sociais, econômicas e culturais de uma dada região, para o alcance de sua eficiência. No Brasil, a partir da década de 1980 houve um avanço significativo no uso de indicadores nos diagnósticos e monitoramentos ambientais (MAIA *et al.*, 2001).

Os indicadores de saneamento utilizam estruturas de saneamento consideradas convencionais (cobertura de rede de água e esgoto), como sendo as mais adequadas para sinalizar ou direcionar as políticas públicas em seus programas de saneamento que visam o desenvolvimento (KAICK, 2007).

Talvez, estes indicadores não sejam adequados ou suficientes, para demonstrar as diferentes realidades que compõem a zona rural. Desta forma os indicadores de saneamento podem conferir uma distorção em relação às reais possibilidades de desenvolvimento que podem estar sendo implantadas nestas regiões.

Existe a necessidade de técnicas alternativas para dar soluções à problemática da falta de saneamento, que sejam sustentáveis e adequadas para o tipo de ambiente de cada localidade. O fato de algumas soluções alternativas para saneamento não pertencerem as opções convencionais, quando avaliadas pelos atuais indicadores de saneamento, podem dar sinais errados e direcionar as políticas públicas para um planejamento inadequado para aquela localidade (KAICK, 2007).

Na área do saneamento ambiental, os impactos da ausência de esgotamento sanitário em áreas rurais são geralmente mensurados por meio de indicadores de saúde pública (AMARAL *et. al*, 2003; SOARES *et al.*,2002; SODER, 2007; KAICK, 2007).

As companhias de abastecimento de águas e esgoto vêm se utilizando de indicadores como IQA – índice de qualidade de água, IET – índice de Estado Trófico, dentre outros, nos seus monitoramentos e programas de acompanhamento de qualidade dos recursos hídricos a exemplo da Companhia de CETESB, CPRH e CAGECE.

Nos reservatórios e rios do semi-árido cearense se destacam a aplicação do IET, IQA, Indicadores de sustentabilidade e indicadores de degradação ambiental discutidos nos trabalhos de Sucupira (2006), Andrade *et al.*, 2007; Carneiro Neto *et al.*, 2008, Girão *et al.*, 2007 e Figueredo *et al.*,2007. Porém, a literatura disponível sobre indicadores com aplicação ao saneamento em áreas rurais do Ceará é bastante escassa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Diagnóstico do Saneamento

De acordo com Botto *et al.* (2005), a realização de um bom diagnóstico da área é de fundamental importância para qualquer tipo de projeto ou intervenção de saneamento. O diagnóstico do saneamento foi embasado nas informações sobre abastecimento de água, esgotamento sanitário e disposição de resíduos sólidos domiciliares e de saúde, contemplando 23 variáveis assim distribuídas: a) Abastecimento: seis variáveis; c) esgotamento sanitário: oito variáveis e d) Resíduos sólidos: nove variáveis.

Foram realizadas visitas mensais na área de estudo de agosto/2009 a fevereiro/2011, possibilitando o reconhecimento da área e atualização da cartografia local com auxílio de GPS, levantamento de informações de caráter informal com moradores, agentes de saúde e líderes comunitários, registros fotográficos e amostras de água.

Foram aplicadas entrevistas semi-estruturadas nas residências do assentamento 25 de Maio, previamente aprovados pelo Comitê de ética em Pesquisa – CEP da Universidade Federal do Ceará, que assegura o bem estar dos indivíduos pesquisados a respeito da preservação dos dados e uso exclusivo para pesquisa acadêmica.

O questionário base contemplou perguntas referentes ao diagnóstico do saneamento, usos do açude e perfil sócio- econômico do assentamento (APÊNDICE A). O questionário faz parte do projeto “Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar do semi-árido: “Água Limpa, Saúde e Terra Fértil”, financiado pelo CNPq no qual esta pesquisa está inserida, contando com o apoio na aplicação das entrevistas dos três bolsistas do projeto que residem na área.

Os dados tabulados foram processados utilizando o programa estatístico SPSS 13.

A base cartográfica do assentamento foi obtida junto ao INCRA, por meio da planta topográfica do Assentamento 25 de Maio datada de 1992.

Foram utilizadas como apoio, as bases cartográficas digitais disponibilizadas pela FUNCEME e COGERH. A atualização cartográfica da área ocorreu por meio de imagens dos satélites LANDSAT_5_TM_14072006 nas bandas 3, 4 e 5, e imagens LIS3 bandas 2,3, 5 datadas de 22072010, obtidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Para a confecção dos mapas foram utilizados os programas AutoCAD MAP, ArcMap 9.3 e Surfer 7.

A análise da qualidade da água das cisternas foi realizada, como informação complementar do diagnóstico considerando que ela é a principal fonte de abastecimento. Escolhidas aleatoriamente por todo o assentamento foi analisada a água de 20 cisternas, e obtidas informações sobre estado de conservação e tipos de manejo das mesmas.

Para análise da qualidade da água das cisternas, foi utilizado um Kit Técnico de Potabilidade da Alfakit que permitiu a realização das análises em campo, contendo reagentes para verificação de 13 parâmetros de potabilidade, sendo estes: Alcalinidade, cloretos, dureza total, pH, ferro, amônia, cloro, oxigênio consumido, cor, transparência e coliformes totais, fecais e salmonela (Figura 3a e 3b).



[a]



[b]

FIGURA 3 - [a] Kit técnico de potabilidade; [b] Análise *in loco* das águas das cisternas. Comunidade Paus Branco, Madalena, 2010.

3.2 Caracterização dos Recursos Hídricos Superficiais

Para os dados sobre a caracterização dos açudes foram necessários procedimentos de geoprocessamento e de modelagem hidrológicas, exemplificadas a seguir.

A área de superfície da bacia de contribuição dos 12 açudes foi delimitada utilizando as curvas de nível obtidas por meio da imagem SRTM. Com auxílio de imagens de satélite foi delimitada a área do espelho d'água e o perímetro.

O volume dos açudes foi obtido por dados disponíveis em relatórios técnicos do assentamento 25 de Maio (CEARÁ, 2005). O tempo de retenção hidráulica foi calculado considerando a capacidade máxima do açude (m^3) dividida pelo aporte anual médio de água (m^3/ano):

$$t = V/Q \quad (1)$$

O aporte médio anual corresponde ao volume escoado que alimenta o açude (MOLLE; CADIER, 1992). O volume médio anual escoado foi obtido pela aplicação da seguinte fórmula:

$$V_{esc} = L(P) \times S \times 1000 \quad (2)$$

O valor de $L(P)$ corresponde à lâmina escoada anual e S a área da bacia de drenagem. O coeficiente L_{600} de uma bacia hidrográfica caracteriza sua capacidade de escoamento, correspondendo à lâmina que escoaria na Bacia hidrográfica, se esta fosse situada num local com precipitação média anual de 600mm, na zona climática "Sertão" (MOLLE; CADIER, 1992). Para cada micro-bacia a lâmina escoada foi correspondente a escoada com base no tipo de solo para uma pluviometria de 600 mm.

Em seguida, para qualquer precipitação $P(mm)$, a lâmina escoada $L(P)(mm)$, foi estimada segundo Molle e Cadier (1992):

$$L(P) = L_{600} \cdot C \cdot e^{0,0033(P-600)} \quad (3)$$

C: coeficiente climático; C=1 para regiões semiáridas.

3.2.1 Estimativa das cargas pontuais e difusas de nutrientes

Para estimar a carga de nutrientes que chegam aos açudes foi realizado o somatório das cargas pontuais e difusas. As cargas pontuais aqui consideradas são as oriundas do esgotamento doméstico e as difusas associadas a contribuição natural e das formas de uso e ocupação dos solos.

Na estimativa das cargas pontuais foi utilizada a contribuição de N e P típicas de esgoto doméstico ($8 \text{ gN/hab.dia}^{-1}$ e $2,5 \text{ gP/hab.dia}^{-1}$) (VON SPERLING, 2006). A população contribuinte, adotada neste trabalho, corresponde ao número de pessoas residentes no interior das micro-bacias afluentes ao reservatório. Neste caso, foi considerado o escoamento superficial (período de precipitações) e a gravidade como os principais mecanismos de transporte de massa.

O uso de imagens de satélite QuickBird datadas de 2010 e disponibilizadas pelo Google Earth® possibilitou a identificação de 118 residências (Tabela 1) nas micro-bacias de contribuição dos reservatórios. Com base nos questionários, admitiu-se a média de cinco pessoas por residência para o cálculo de habitantes em cada micro-bacia.

TABELA 1 - Número de residências e habitantes nas micro-bacias do Assentamento 25 de Maio no período de 2009 a 2010, considerando a média de cinco pessoas por residência

Micro-Bacias	No. de Residências	No. de pessoas
Agreste	4	20
Maracajá	0	0
Mel	5	25
Nova Vida	22	110
Paus Branco	16	80
Tanques	11	55
Logradouro	0	0
Perdição	3	15
Quieto	50	250
Raiz	0	0
São Joaquim	0	0
São Nicolau	7	35
Total	118	590

O controle do excesso de nutrientes de origem difusa é o mais complexo do que aquele de origem pontual. As emissões difusas são determinadas não só pela quantidade e distribuição das fontes, mas também, pelas condições que afetam o transporte de N e P do solo para as massas de água (WITT; BEHRENDT, 1999).

Os coeficientes de exportação de nutrientes representam a perda anual de nutrientes por unidade de área da bacia de drenagem, sendo representados em $\text{kg.km}^{-2}.\text{ano}$. Devido à escassez de dados sobre taxas de exportação de bacias do semiárido, foi utilizado valores disponíveis na literatura.

A área ocupada pelos solos nas sub-bacias foi obtida em ambiente SIG a partir da análise de dados vetoriais da carta de solos do Estado do Ceará editada pelo IPECE (2007) (Figura 4). Depois disto, foi estimada a produção de sedimentos de cada sub-bacia, oriunda dos processos de denudação química e mecânica, e que possivelmente seriam carregados junto com os nutrientes para os corpos hídricos.

Para isto foi utilizada a taxa de produção de sedimentos de $450 \text{ t.km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, obtida para bacias hidrográficas do semiárido cearense por meio de estudos realizados por Lima Neto *et al.* (2011), Wiegand (2009) e Araújo *et al.* (2006).

Baseados nos dados disponíveis na literatura para taxa de fósforo total (P_{total}) e nitrogênio total (N_{total}) referente aos tipos solos que compõem o assentamento 25 de Maio encontraram-se: Luvisolos - 1 gP/kg e 0,3 gN/kg (LACERDA; SILVA, 2006); Neossolos Litólicos – 5,3 gP/kg e 0,4 gN/kg (SILVA; SILVA, 1997).

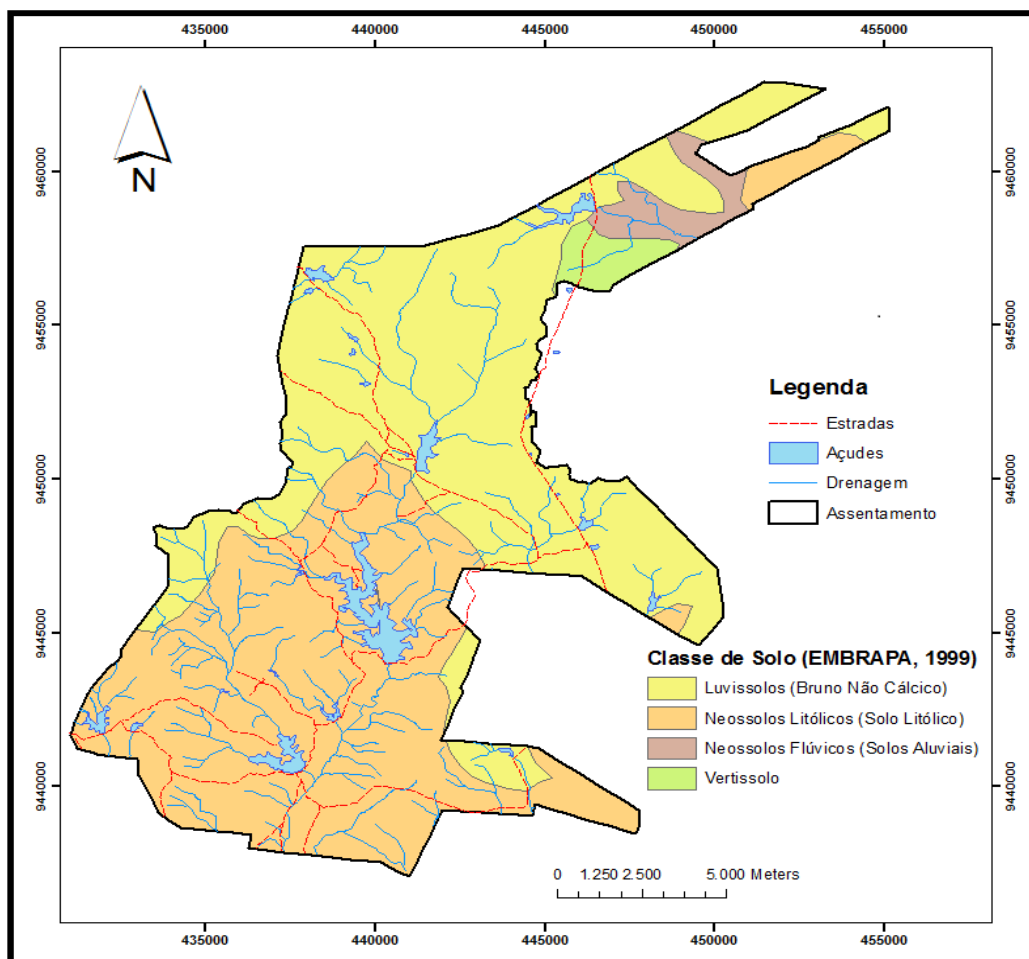


FIGURA 4 - Mapa das classes de solos do Assentamento 25 de Maio. Fonte: IPECE, 2007

As estimativas das cargas oriundas das formas de uso e ocupação do solo foram obtidas a partir da classificação não-supervisionada de imagens de satélites pelo método da ISODATA. Foram utilizadas as bandas 2,3 e 5 do satélite LIS3 datadas de 22 de julho de 2010. A classificação foi realizada no programa ENVI®. As classes de uso e os respectivos coeficientes de exportação dos nutrientes limitantes estão especificados na Tabela 2.

TABELA 2 - Classes de uso do solo e coeficiente de exportação de nitrogênio total (N_{TOTAL}) e fósforo total (P_{TOTAL}) correspondentes, em $kg \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$

Uso do Solo	N_{TOTAL}	P_{TOTAL}
Florestas	200	10
Agropecuária	575	60

Fonte: DIOGO (2008); VON SPERLING (2006)

A estimativa da concentração de N_{TOTAL} e P_{TOTAL} no reservatório é a relação entre a carga afluyente de nutrientes e volume escoado em cada micro-bacia.

3.2.2 Qualidade das águas dos reservatórios

Para a análise da qualidade das águas dos reservatórios no assentamento, foram monitorados 12 açudes, nos meses de abril e outubro de 2010, representativos para os períodos de chuva e estio (Figura 5).

Considerando-se que o foco deste estudo é a qualidade das águas para abastecimento da população, os pontos de coletas de água dos açudes foram definidos baseados nos locais onde a população capta a água. Nos açudes onde existem adutoras, a coleta foi realizada perto da bomba de captação e nos demais açudes, próximos ao acesso da água pela população.

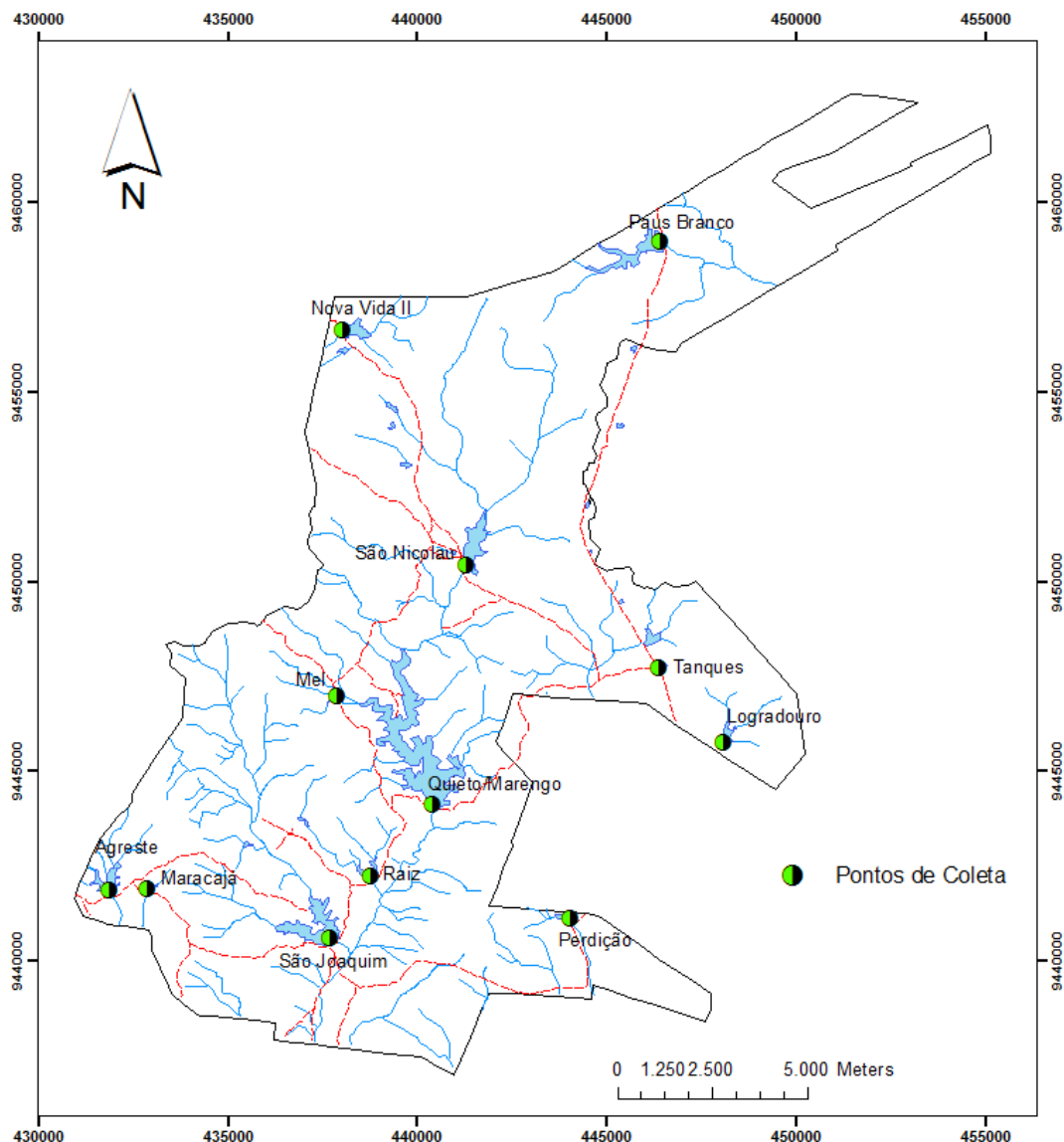


FIGURA 5 - Pontos de coleta de água nos açudes do assentamento 25 de Maio-CE, nos meses de abril e outubro de 2010

Com auxílio de um bote inflável as amostras foram coletadas na profundidade referente ao disco de Secchi, que delimita a zona limite da penetração da luz solar na coluna d'água, por meio da Garrafa de Van Dorn.

O uso de sondas possibilitou a coleta de dados *in situ* da temperatura da água, transparência, pH, salinidade, Oxigênio Dissolvido, turbidez e a condutividade elétrica. (Figura 6a, b e c).



FIGURA 6 - Equipamentos e sondas utilizadas para análise da água [a] Garrafa de Van Dorn [b] Turbidímetro [c] oxímetro [d] Condutivímetro. Madalena-Ce, 2010.

As amostras foram condicionadas e levadas aos laboratórios de Efluentes e Qualidade da Água – EQUAL, do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), para análise físico-química, e ao Laboratório de Eletroquímica e Corrosão Microbiana (LECOM), da Universidade Estadual do Ceará, para análise bacteriológica.

As análises foram iniciadas em menos de 24 horas após as coletas. A TABELA 3 mostra todos os parâmetros físico-químicos determinados, seguido do método utilizado e o número do método que consta no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

TABELA 3 - Parâmetros analisados de qualidade da água dos açudes do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce

PARÂMETRO	MÉTODO
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro
Coliformes Termotolerantes	NMP – Tubos Múltiplos
pH	pHmetro portátil
DBO _{5,20}	Método de Winkler Modificado
Fósforo Total	Método da Digestão com Persulfato seguido do Método do Ácido Ascórbico
Nitrogênio Total	Método do Persulfato seguido do Método da Redução de Nitrato a Nitrito em Coluna de Cádmio
Turbidez	Turbidímetro
Sólidos Totais	Método gravimétrico

Após a obtenção dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados, o padrão da qualidade da água dos reservatórios foi avaliado pela aplicação do Índice de Qualidade da Água -IQA. O **IQA** utilizado neste trabalho foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) e adaptado pelo COMITESINOS (1990). O Valor do IQA foi avaliado por meio da seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (4)$$

n: número de parâmetros utilizados no cálculo do índice (n = 8)

q_i: qualidade relativa da i-ésima variável;

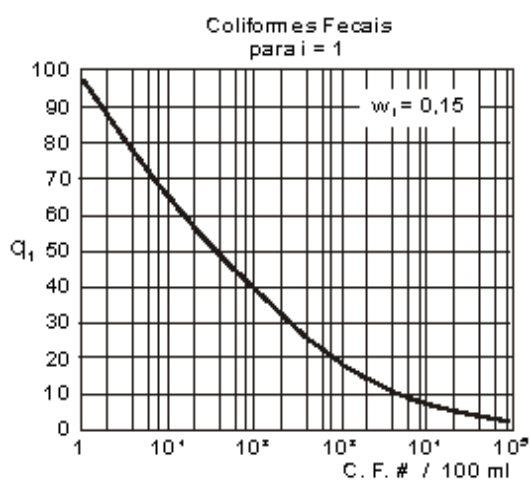
w_i: peso relativo da i-ésima variável

O índice emprega oito parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: percentagem de saturação de oxigênio, coliformes termotolerantes, pH, DBO₅, nitrogênio total, fosfato total, turbidez e sólidos totais. Foram utilizadas as curvas de qualidade - q_i (Figura 7) e pesos relativos – w_i (Tabela 4), que atribuem uma nota subjetiva de qualidade aos valores da variável analisada (LOPES *et al*, 2008).

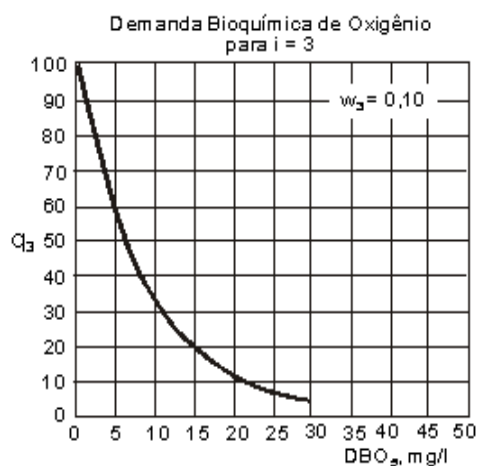
TABELA 4 - Variáveis utilizadas e seus pesos relativos para cálculo do IQA, segundo Comitesinos (1990)

Variáveis	Pesos relativos - W_i
Oxigênio dissolvido	0,19
Coliformes termotolerantes	0,17
pH	0,13
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,11
Nitrogênio Total	0,11
Fósforo Total	0,11
Turbidez	0,09
Sólidos totais	0,09

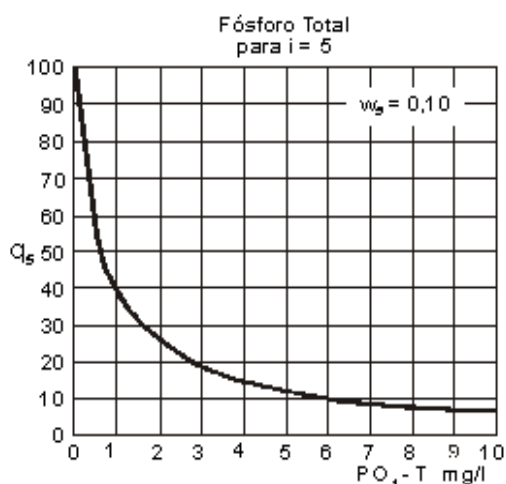
Fonte: LOPES *et al* (2008)



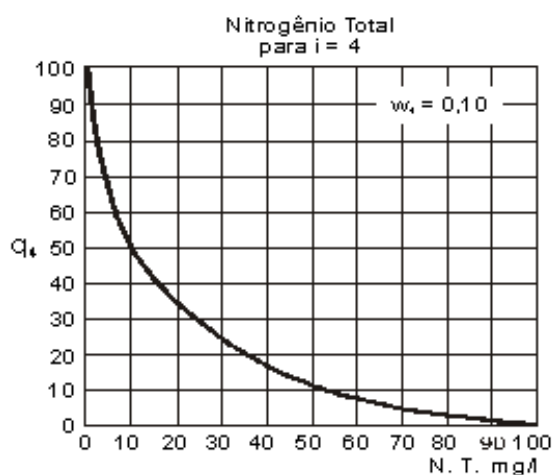
Nota: se C. F. > 10^5 , $q_1 = 3,0$



Nota: se DBO₅ > 30,0, $q_3 = 2,0$



Nota: se Po₄-T > 10,0, $q_5 = 1,0$



Nota: se N. T. > 100,0, $q_4 = 1,0$

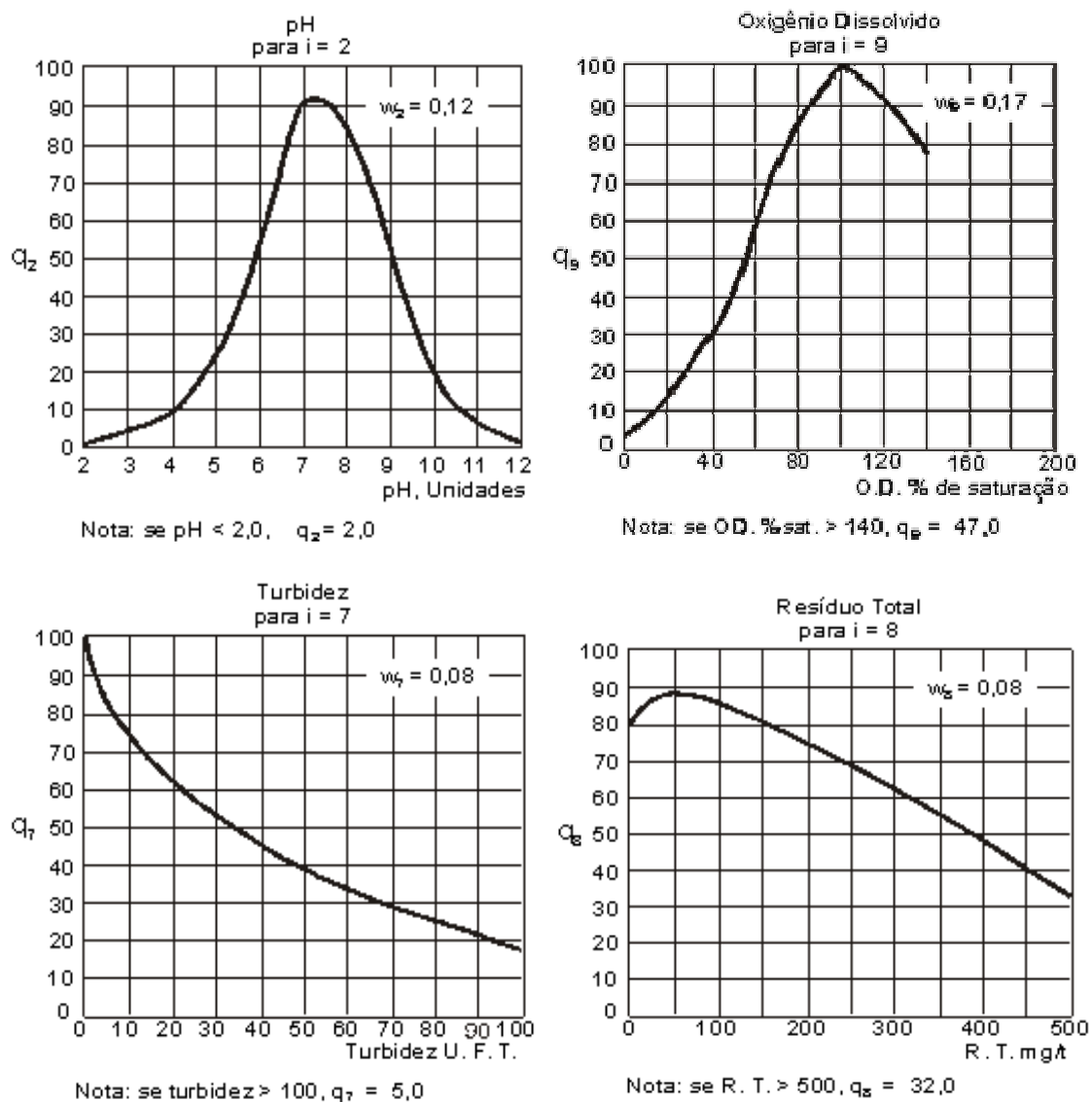


FIGURA 7 - Curvas médias de variação de qualidade das águas COMITESINOS (1990). Fonte: Lopes *et al.*, (2008)

A partir do cálculo efetuado, determinou-se a qualidade das águas brutas indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, segundo a ponderação apresentada na Tabela 5.

TABELA 5 – Faixas de qualidade de água para IQA (COMETESINOS, 1990)

Ponderação	Categoria IQA
$0 < IQA \leq 25$	Muito Ruim
$25 < IQA \leq 50$	Ruim
$50 < IQA \leq 70$	Regular
$70 < IQA \leq 90$	Bom
$90 < IQA \leq 100$	Excelente

Fonte: LOPES *et al.* (2008)

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, sendo 100 a melhor qualidade.

3.3 Construção de uma proposta de índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural

O **Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural – IPAS**, proposto neste trabalho, incorporou as dimensões ambientais, sócio-cultural e socioeconômica, são exemplificadas a seguir:

a) **Índice de Valorização do Açude - IVA**: importância do açude para a comunidade;

b) **Índice de Contribuição de Cargas- ICC**: referente à contribuição de fósforo e nitrogênio nos açudes devido a falta de infraestrutura sanitária e do uso e ocupação do solo,

c) **Índice em Função da Qualidade da Água - IFQA**: expresso através dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos da água;

d) **Índice de Capital Social- ICS**: representado pelo grau de organização dos assentados com suas associações.

A valorização dos açudes está diretamente relacionada aos diversos fins a que estão sendo utilizados. Dentre esses usos destacam-se o abastecimento humano, uso doméstico, abastecimento animal, irrigação, recreação e pesca. Os múltiplos usos geram conflitos quando um uso começa a interferir no outro, tornando-os incompatíveis quanto à oferta exigida ou pela alteração da qualidade da água (MOTA, 2008). Surge nestas discussões, a importância do Índice de Valorização dos Açudes – IVA.

Tratando-se das regiões semiáridas essa preocupação se intensifica uma vez que os açudes representam a principal fonte de água para as comunidades rurais e seu volume sofre redução no período de estiagem. Podem existir outras fontes emergenciais, que assegurem o abastecimento da comunidade, porém de acesso difícil e/ou mais precárias (MOLLE; CADIER, 1992).

Devido a essas vulnerabilidades naturais, os recursos hídricos superficiais devem ser preservados, através do manejo adequado e de ações que diminuam o risco de alteração da sua qualidade, como é o caso do saneamento.

O ICC foi baseado na estimativa de quantidade de fósforo e nitrogênio produzido pelas fontes pontuais e difusas. As fontes pontuais são caracterizadas pelos esgotos domésticos das comunidades que ficam na bacia de contribuição de cada açude. Enquanto que a difusa é representada pelas formas de uso e ocupação e contribuição natural dos solos.

DIOGO *et al* (2003) afirmam que um largo espectro de técnicas de simulação pode ser utilizado na quantificação das contribuições difusas para as águas superficiais, desde simples funções de carga até modelos de simulação mais complexos, que demandam grande quantidade de dados.

A magnitude das contribuições de fontes difusas de nutrientes em uma bacia hidrográfica na zona rural está intimamente ligada à ocupação e ao manejo do solo, os quais por sua vez estão relacionados às interações solo-água-nutriente e às condições climáticas, topográficas, pedológicas e geológicas locais (ROSSI PISA *et al.*, 1999).

Para o presente trabalho adotou-se o modelo simplificado de estimativa de cargas difusas com base em coeficientes de exportação de nutrientes associados às classes de uso de solo (CASTILHO, 2005; DIEGO *et al*, 2003; VON SPERLING, 2005). Esse método é recomendado para áreas extensas, com limitação de dados e cujo objetivo seja uma primeira caracterização (CASTILHO, 2005).

A lixiviação de solos naturais constitui-se em importante fonte de nutrientes para as águas superficiais, aumentando com a urbanização e a criação de áreas agrícolas (LACERDA; SILVA, 2005). Com a retirada da cobertura vegetal do solo, o mesmo fica exposto à erosão. Segundo Carvalho (2008), erosão é o fenômeno do desgaste das rochas e solos, com desagregação, deslocamento ou arrastamento das partículas (sedimentos) por ação da água ou outros agentes.

A produção de sedimentos de uma bacia representa somente uma parte da erosão total, pois grandes massas de sedimento são depositadas antes de alcançarem o seu exutório (WIEGAND, 2009). Estudos realizados por Araújo *et al* (2006) e Wiegand (2009) em bacias hidrográficas do semiárido cearense, encontraram uma produção de sedimento total estimada na ordem de $450 \text{ t. km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Entre as principais vantagens do IQA estão: a maneira simples e prática de se estimar a qualidade das águas; a facilidade na comunicação de resultados para o público não-técnico; o status maior do que o de parâmetros individuais; o fato de representarem uma média de diversas variáveis em um único número; pode dar uma idéia de tendência de evolução da qualidade da água ao longo do tempo; e permite comparações entre os diferentes corpos de água (RINO *et al.*, 2001; ABRAHÃO, 2006).

O Índice de Capital Social - ICS é compreendido como um conjunto das características da organização social, que engloba as redes de relações, normas de comportamento, valores, confiança, obrigações e canais de informação, tornando possível a tomada de ações de colaboração que resultam no benefício de a toda a comunidade (PUTNAM, 2000).

Segundo Sousa (2003) um ambiente harmônico dotado de confiança mútua e interesse coletivo fortalece os atores sociais e propiciam condições favoráveis a enfrentamentos e superações das dificuldades.

Uma sociedade civil organizada é capaz de superar problemas presentes e futuros e de se tornar uma variável-chave para alcançar o desenvolvimento regional (MONASTÉRIO, 1999).

A participação social representa uma possibilidade real de influir na tomada de decisões no que diz respeito aos assuntos de vital importância para a vida dos atores envolvidos (BARRETO, 2004).

Isso demonstra que nas comunidades rurais a participação popular seja em projetos, seja na formulação de políticas públicas em saneamento é uma prática que deve ser estimulada tendo em vista que a população deve protagonizar as ações e políticas.

3.3.1 Cálculo do IPAS

O Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural é a média aritmética dos quatro índices exemplificados a seguir. O índice está dentro do intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior será a prioridade da área em receber infraestrutura de saneamento voltada ao esgotamento sanitário. O IPAS foi definido como:

$$IPAS = \frac{1}{n} \sum_{h=1}^n I_h \quad (4)$$

IPAS: Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural

I_h : Escore do h-ésimo índice

h : 1, ..., n

n : número de índices

3.3.1.1 Índice de Valorização dos Açudes - IVA

NO cálculo do IVA foram utilizados dados primários obtidos por meio da aplicação dos questionários, referente aos usos dos açudes. A sua importância para a comunidade ao que concerne a presença ou não de outra fonte secundária de água, e a oferta hídrica que estes açudes proporcionam às comunidades abastecidas.

As categorias de uso mapeadas foram as seguintes: a) abastecimento doméstico, b) pesca, c) recreação, d) lavagem de roupas e/ou equipamentos, e) dessedentação de animais. Foram realizadas visitas ao campo, para checagem das informações obtidas nos questionários, com georreferenciamento e registro fotográfico dos principais tipos de uso ao longo de 24 meses.

Os indicadores e respectivos escores que formam o Índice de Valorização dos Açudes – IVA foram os seguintes:

- Usos dos açudes (I_1):
 - Abastecimento doméstico ($I_1 = 1,0$)
 - Lazer ($I_1 = 0,5$)
 - Outros ($I_1 = 0,0$)

- Existência de outra fonte de água para abastecimento doméstico na comunidade (I_2):
 - Não ($I_2 = 1,0$)
 - Sim ($I_2 = 0,0$)

- Oferta hídrica anual pode ser estimada, segundo Araujo *et al* (2006), como referente a 20% do volume total do açude. A oferta de água per capita é a razão entre a oferta hídrica anual e o número de pessoas abastecidas, sendo expressa em $m^3 \cdot hab^{-1} \cdot ano^{-1}$. Portanto, quanto menor a oferta per capita de água, maior a priorização para ações de saneamento. O valor desse indicador (I_3) é obtido conforme a equação 5.

$$I_3 = 1 - \frac{q}{q_{ref}} \quad (5)$$

I_3 = terceiro indicador do IVA, onde $I_3 = \max\left(1 - \frac{q}{q_{ref}}; 0\right)$;

q = oferta de água per capita ($\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). O valor de q é obtido por meio da equação 6.

q_{ref} = oferta de água per capita de referência. A classificação de disponibilidade hídrica adequada adotada pela Organização das Nações Unidas – ONU tem como valor mínimo de referência $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (PACHECO, 2010). Abaixo desse valor tem-se a situação de estresse hídrico.

$$q = \frac{0,20 \cdot V}{N_{hab}} \quad (6)$$

V = volume do açude em m^3 ;

N_{hab} = número de habitantes abastecido pelo açude (Tabela 6).

Tabela 6. Número de habitantes abastecidos pelos açudes do Assentamento 25 de Maio no período de 2009 a 2010

Açudes	No. de Pessoas Abastecidas
Agreste	101
Maracajá	0
Mel	64
Nova Vida	246
Paus Branco	272
Tanques	38
Logradouro	0
Perdição	17
Quieto	394
Raiz	38
São Joaquim	208
São Nicolau	210

Matematicamente, pode-se definir o IVA como a média aritmética dos 3 indicadores que compõem este índice.

$$IVA = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (7)$$

3.3.1.2 Índice de Contribuição de Cargas - ICC

O valor do Índice de Concentração de Cargas - ICC é referente à concentração de nutrientes encontrada para cada reservatório e é obtido por meio da equação 8. Quanto mais afastado de zero, maior é a concentração de nutrientes, e maior será a prioridade de intervenção.

$$ICC = \left(\frac{C_P}{C_{Pref}} + \frac{C_N}{C_{Nref}} \right) / 2 \quad (8)$$

C_P e C_N = concentração de fósforo e nitrogênio, respectivamente, no açude (mg/L) obtido por meio do exposto no item 3.2.1 desta dissertação.

C_{Pref} e C_{Nref} = concentração de referência de fósforo e nitrogênio, respectivamente, para ambientes lânticos¹ (0,03 mgP/L e 13 mgN/L) com base na Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe II, na ausência de enquadramento dos corpos hídricos (BRASIL, 2005).

3.3.1.3 Índice em Função da Qualidade da Água - IFQA

O IFQA obedece a uma relação inversa do IQA, já referenciado no item 3.2.2. Quanto pior for a qualidade da água, maior será prioridade de ação sobre o açude. O IFQA é calculado por meio da seguinte equação:

$$IFQA = 1 - \frac{IQA}{100} \quad (9)$$

3.3.1.4 Índice de Capital Social – ICS

Consideraram-se como variáveis indicativas da organização social os indicadores relativos à participação dos moradores do assentamento em associações, sindicatos, etc, atribuindo valores de 0 a 1, com objetivo de

¹ Ambientes Lânticos correspondem a ambientes aquáticos de águas paradas, como por exemplo, lagos, lagoas, açudes, pântanos (ESTEVES, 1998).

avaliar o engajamento dos moradores e de suas famílias com a organização. O índice de Capital Social foi calculado da seguinte forma:

$$ICS = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \left[\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left(\frac{E_{ij}}{\max(E_{ij})} \right) \right] \quad (10)$$

E_{ij} : escore do i -ésimo indicador obtida pelo j -ésimo entrevistado;

$E_{\max,i}$: escore máximo do i -ésimo indicador;

$i=1, \dots, n$, número de indicadores;

$j=1, \dots, m$, número de entrevistados;

n : número de indicadores;

m : número de entrevistados.

Os indicadores incativos do capital social foram:

- As pessoas se interessam mais pelo seu bem-estar e de suas famílias, e não se preocupam muito com o bem-estar da comunidade?
 - a) Não ($E_{1j} = 1$)
 - b) Sim ($E_{1j} = 0$)
- A comunidade reconhece a presença de uma liderança?
 - a) Não ($E_{2j} = 0$)
 - b) Sim ($E_{2j} = 1$)
- Participa das reuniões da associação?
 - a) Não ($E_{3j} = 0$)
 - b) Sim ($E_{3j} = 1$)
- Apresenta sugestões nas reuniões?
 - a) Não ($E_{4j} = 0$)
 - b) Sim ($E_{4j} = 1$)
- Todas as decisões são apreciadas e votadas nas reuniões?
 - a) Não ($E_{5j} = 0$)
 - b) Sim ($E_{5j} = 1$)
- Já foi prejudicado por alguma decisão tomada nas reuniões?
 - a) Não ($E_{6j} = 1$)
 - b) Sim ($E_{6j} = 0$)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagnóstico do Saneamento

O assentamento 25 de Maio é formado por 13 comunidades distribuídas nos 23.000 ha de área. O número de domicílios e tamanho populacional de cada comunidade é variado, bem como a infraestrutura instalada (Tabela 7). A comunidade com maior número de habitantes é Paus Branco, com 272 pessoas, e a menor é Caiçara com 38 pessoas. A média é de cinco pessoas por domicílio.

Todas as comunidades possuem energia elétrica e as estradas de acesso são de piçarra ou de terra batida. Os principais meios de transportes são as motos e caminhões (pau-de-arara). O último é utilizado no deslocamento diário dos alunos. Para os demais passageiros, a frequência dos caminhões é três vezes por semana. No que se refere à infraestrutura disponível, são marcante as diferenças entre as comunidades, umas sendo mais estruturadas do que as outras.

TABELA 7: Número de domicílios, famílias, pessoas e infraestrutura de cada comunidade do assentamento 25 de Maio-Ce

Comunidade	Nº de domicílios	Nº de famílias	Nº de pessoas	Escola	Posto de Saúde	Unidades de Comércio	Telefone Público
Agreste	24	25	101	1	0	0	0
Caiçara	9	36	38	1	0	0	0
Mel	15	40	64	0	1	0	0
Nova Vida I	22	24	75	1	0	0	0
Nova Vida II	35	90	171	1	1	1	1
Paus Branco	57	134	272	2	1	4	1
Paus Ferro	38	42	160	1	1	2	0
Perdição	15	17	60	0	0	1	0
Quieto	36	36	193	2	1	2	1
Raiz	15	15	72	0	0	0	0
São Joaquim	47	30	208	1	0	2	1
São Nicolau	51	74	210	1	0	1	0
Vila Angelim	20	23	91	0	0	1	1
Total	384	586	1715	11	5	13	4

Quanto ao fator de adensamento, as comunidades se diferem em dois grupos: concentradas e dispersas. As comunidades concentradas se desenvolveram nas margens das estradas e dez delas (Nova Vida I, São Nicolau, Quietos, Vila Angelim, Raiz, São Joaquim, Caiçara, Mel, Paus Ferro e Paus Branco) estão organizadas em forma de vila, com casas próximas umas das outras e com média de espaçamento de 30 metros. No Agreste, Nova Vida II e Perdição, as residências estão às margens das estradas, porém dispersas, com distância média de 110m de uma casa para outra.

4.1.1 Vertente Abastecimento de Água

No assentamento 25 de Maio, a água utilizada para consumo humano e preparação de alimentos em 91% dos domicílios é proveniente das cisternas de placas (Figura 8), que armazenam água da chuva, e foram construídas por meio de crédito rural concedido às famílias assentadas desde 2006 pelo INCRA. Os 9% restantes, se abastecem exclusivamente dos açudes.

A cisterna apresenta volume útil de 16.000 L e, segundo moradores, este volume é suficiente para abastecer uma família de cinco pessoas durante todo o período de estiagem. No entanto, o tamanho das famílias, os hábitos de consumo, e a intensidade de períodos de calor e/ou de estio interferem na garantia hídrica das cisternas. Quando o volume não é suficiente para garantir o abastecimento no período seco, as famílias passam a utilizar outras fontes de água, sendo mais comuns os açudes e o abastecimento por carros pipas.

As cisternas de placas constituem-se numa tecnologia eficiente de garantia de água de melhor qualidade para as famílias rurais (ARAUJO *et al*, 2005), inclusive do assentamento 25 de Maio. No entanto, as propriedades dessa água quanto à potabilidade devem sempre estar de acordo com os padrões recomendados pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria Nº. 518/2004.



FIGURA 8 – Cisterna de placa na comunidade Nova Vida I. Out/09.

A análise de 20 cisternas distribuídas no assentamento mostrou que as concentrações das variáveis físicas e químicas (pH, Ferro, Amônia, Cor, Oxigênio Consumido, Cloreto, Dureza e Alcalinidade) atenderam em geral aos padrões de potabilidade previsto pela mencionada portaria (Figura 9). No entanto, as variáveis microbiológicas evidenciaram contaminação fecal. Resultado semelhante foi encontrado por Tavares (2009) ao analisar a água de oito cisternas do assentamento Paus Brancos na Paraíba.

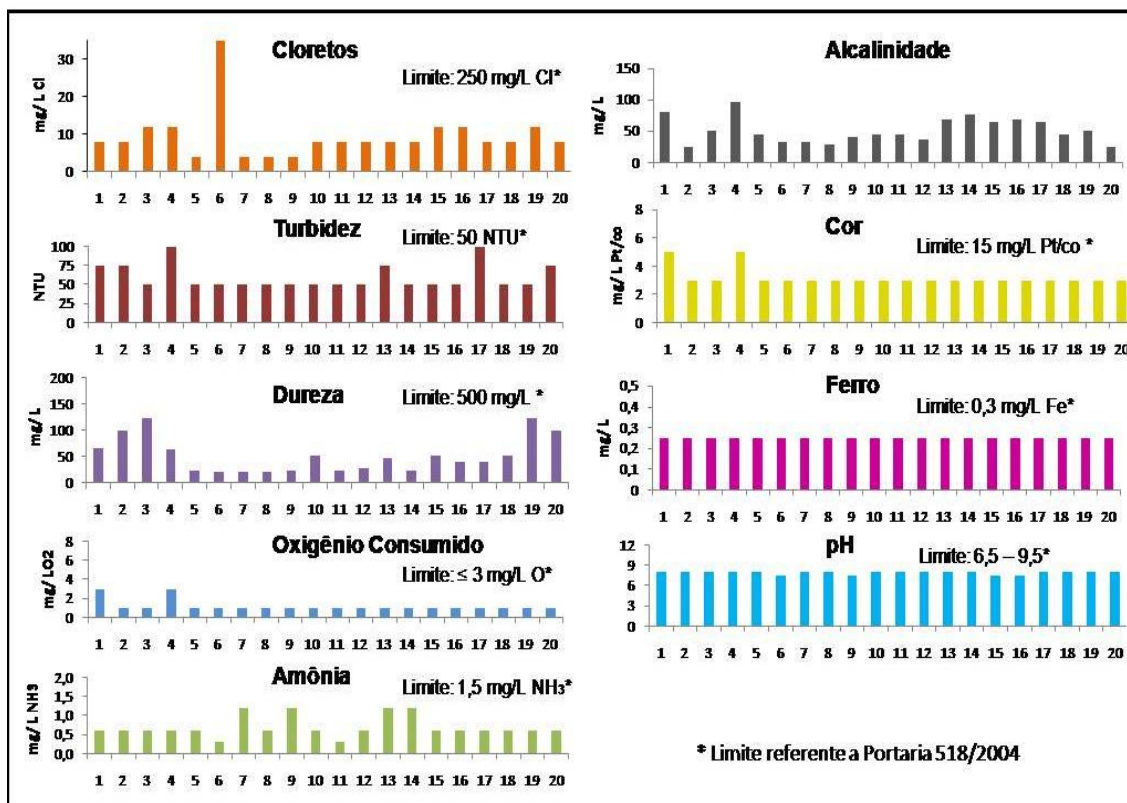


FIGURA 9 – Resultados das análises de água das vinte cisternas do assentamento 25 de Maio-CE, no ano de 2010.

O pH de todas as cisternas variou entre 7,5 e 8,0, estando dentro do que a portaria 518/04 do Ministério da Saúde determina. A concentração média de cor aparente foi de 3 mg/L Pt/Co, bem abaixo do valor máximo permissível.

Os cloretos apresentaram leve variação com valores extremos variando de 4 a 36 mg/L. Em todas as cisternas estes resultados ficaram abaixo do valor máximo permissível pela portaria 518, que é de 250 mg/L. A turbidez ficou acima do valor máximo recomendado pelo Ministério da Saúde, que é de 50 NTU em 29% das amostras. Esses valores podem estar associados ao preenchimento das cisternas com águas dos açudes, tanto por carros pipas como pela própria família. Quando o volume das cisternas reduz é comum o preenchimento das mesmas com as águas dos reservatórios do assentamento. As águas dos açudes possuem turbidez mais alta em decorrência da entrada de sedimento pelo escoamento superficial e da matéria orgânica formada por galhos e troncos de árvores submersos nesses ecossistemas. Amorim (2001), ao analisar onze cisternas numa comunidade

rural de Petrolina-Pe, registrou variação de turbidez associada à origem da água (chuva ou carro-pipa).

A alcalinidade e dureza são referentes à presença de carbonatos e bicarbonatos na água (ESTEVES, 1998). Os valores extremos de dureza variaram de 20 a 124 mg/L, e de alcalinidade de 24 a 26 mg/L, todos dentro do limite recomendado. A água da chuva é coletada antes de atingir os solos e rochas, justificando os valores de dureza e alcalinidade baixos.

O nitrogênio amoniacal é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA *et al.*, 1995). Os valores de amônia, embora dentro do limite desejável, em 23% das amostras apresentaram valores próximos a 1,2 mg/L. O valor máximo permissível é de 1,5 mg/L. Como os valores de amônia se apresentaram próximos do valor máximo, isso indica a entrada de matéria orgânica dentro das cisternas. Os meios mais freqüentes de entrada de matéria orgânica observados no assentamento foram pela ausência de vedação das cisternas e manejo inadequado dos utensílios para captação da água.

A matéria orgânica em decomposição exige oxigênio para sua estabilização (ESTEVES, 1998). Quanto maior for a taxa de consumo de oxigênio, mais próxima e maior terá sido a origem da poluição (BRASIL, 2006). Para água potável se aceita concentração máxima de oxigênio consumido de 3 mg/L (BRASIL, 2004). Os valores de oxigênio consumido das cisternas analisadas foram baixos. Nas cisternas 1 e 4, que apresentaram valores maiores do que as demais, foram encontradas rãs e outros animais, indicando claramente a entrada de matéria orgânica e de outros contaminantes.

As análises bacteriológicas mostraram que, das 20 amostras analisadas, 30% apresentaram-se em condições sanitárias insatisfatórias e 70% em condições satisfatórias ao consumo humano (Tabela 8). Em todas as amostras foi detectada a presença de coliformes totais com valores mínimo e máximo de 60 e 7140 UFC²/100mL respectivamente. No entanto, mesmo com a presença de coliformes totais as águas das cisternas foram consideradas

² UFC – Unidades Formadoras de Colônias

satisfatórias, pois, segundo o artigo 11 da portaria. 518, do Ministério da Saúde, em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimentos sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de Coliformes Totais, na ausência de *Escherichia coli* e/ ou, Coliformes termotolerantes. Nesta situação, deve ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providencias imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes (BRASIL, 2004).

TABELA 8. Análise microbiológica da água de 20 cisternas do Assentamento 25 de Maio no ano de 2010

Cisterna	Coliformes Totais UFC/100mL	Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	Salmonelas UFC / 100 mL	Resultado
1	4140	180	600	Insatisfatória
2	120	60	120	Satisfatória
3	240	60	0	Satisfatória
4	1320	240	3000	Insatisfatória
5	480	180	120	Satisfatória
6	3600	0	0	Satisfatória
7	60	0	0	Satisfatória
8	480	0	0	Satisfatória
9	960	0	0	Satisfatória
10	1200	360	0	Insatisfatória
11	2160	0	0	Satisfatória
12	5040	0	300	Insatisfatória
13	7140	0	60	Insatisfatória
14	60	0	0	Satisfatória
15	1440	60	120	Satisfatória
16	120	0	0	Satisfatória
17	60	0	0	Satisfatória
18	1200	360	0	Insatisfatória
19	240	60	0	Satisfatória
20	60	120	120	Satisfatória

Consoante a presença de coliformes termotolerantes, os mesmos foram detectados em 50% das amostras, indicando a contaminação por material fecal. O valor de referência para este grupo de bactérias é a sua ausência em 100 mL de água. No entanto, como foi realizada uma única amostragem, a tolerância para coliformes termotolerantes é de 200 UFC /100mL (BRASIL, 2005). Três amostras ultrapassaram esse limite, com valores de 240 e 360 UFC /100mL. A presença de coliformes termotolerantes em níveis

elevados foi responsável por 33% das amostras que ficaram insatisfatórias ao consumo humano.

Em estudos realizados por Amorim; Porto (2001); Silva (2006); Pereira *et al* (2007) e Tavares (2009) na região nordeste do Brasil, foi constatada a presença de coliformes em valores acima do estabelecido para a potabilidade, condicionando riscos potenciais à saúde humana. As salmonellas foram detectadas em 40% das cisternas, com valores mínimos e máximos de 60 e 3000 UFC/100mL respectivamente.

Em campo foi possível observar inadequabilidade quanto aos cuidados com a água da cisterna. A título de exemplo foram encontradas cisternas sem tampa e com tubulações sem tela de proteção, presença de rãs e roedores dentro das cisternas, e a utilização de utensílios para retirada da água previamente utilizados no banheiro e no chão. Somado a isso, 64% dos entrevistados afirmaram não fazer nenhum tratamento dessa água antes de consumir.

Agentes de saúde distribuem quinzenalmente frascos de hipoclorito de sódio por domicílio, porém não foi observado nenhum programa de incentivo e nem de monitoramento da dosagem desse composto. Das cisternas analisadas, 50% recebem adição de cloro. Exceto uma, as demais apresentaram concentrações de 0,1 mg/L, sendo o valor mínimo recomendado pela vigilância sanitária de 0,2 mg/L.

É importante salientar que a utilização da cloração, embora seja de fácil aplicação e eficácia na prevenção de doenças de transmissão hídrica, pode originar a contaminação da água por trihalometanos (THM), que são subprodutos cancerígenos, resultantes da reação química do cloro com substâncias orgânicas em decomposição, como restos de folhas, restos de animais mortos e matéria fecal (VIANA *et al*, 2009; PETRY, 2005; AMORIM e PORTO, 2003). Assim, é importante a utilização de barreiras físicas na cisterna, bem como a realização do tratamento por filtração, antes do tratamento da cloração, a fim de evitar a presença de matéria orgânica na água e, conseqüentemente, os trihalometanos, após a desinfecção.

Foi verificado se existem diferenças de dados bacteriológicos (Coliformes totais) entre as cisternas vulneráveis à exposição de contaminantes aquelas não vulneráveis. Para isso, foi aplicado o teste estatístico (Test-T), para amostras independentes e de distribuição normal. Segundo o teste estatístico, os grupos (cisternas vulneráveis e não vulneráveis à exposição) são distintos para grau de significância de 0,2%.

Pode-se afirmar com um nível de confiança de 99,8%, portanto, que existe diferença nas taxas de coliformes entre as cisternas vulneráveis e as não vulneráveis à exposição de contaminantes.

Para as cisternas que estavam bem protegidas com tampa e tela, a média referente ao número de coliformes totais foi igual a 420 UFC/mL, já para aquelas que se encontravam susceptíveis a contaminação por animais, o valor médio foi de 2400 UFC/ mL. Isso confirma que a qualidade da água das cisternas utilizadas para consumo humano, depende diretamente de sua proteção e de seu manejo. Resultados semelhantes foram encontrados por Bezerra *et al*, (2010); Tavares (2009); Andrade Neto (2004).

Os resultados apresentados alertam para os cuidados higiênicos no manuseio dessa água nas cisternas. Diversas são as ações que podem ser exercidas pelas famílias para assegurar a potabilidade dessas águas: limpeza dos sistemas coletores (telhados e calhas), manutenção adequada da cisterna (limpeza geral antes de captar a água), utilização e manuseio da água por meio de bombas ao invés de baldes, e a vedação de eventuais aberturas, evitando a presença de matéria orgânica na água.

Além dessas ações, é indispensável o tratamento prévio da água antes da sua ingestão. Filtração, desinfecção por cloração e fervura são práticas simples e eficientes que asseguram uma melhor qualidade da água, evitando-se a transmissão de doenças e problemas de saúde pública. Uma tecnologia que vem apresentando resultados positivos quanto à desinfecção da água em regiões semiáridas é o sistema SODIS. Por meio da exposição solar da água em garrafas pet durante um período de tempo, promove-se a inativação microbiana (MOREIRA; PATERNIANI, 2005; BERNEY *et al*, 2006).

Essa é uma tecnologia que deve ser difundida nas zonas rurais para a desinfecção das águas.

A água utilizada nas residências para os demais usos domésticos (banho, lavagem de louça e roupa) no assentamento 25 de Maio, em 92% dos casos, são provenientes dos açudes. O restante utiliza água de poços. Das 13 comunidades, apenas cinco (Paus Branco, Quietto, Raiz, Vila Angelim e São Joaquim) foram contempladas com sistema de abastecimento de água por rede de distribuição, beneficiando 238 famílias no assentamento. A infraestrutura foi instalada em 2006 pelo Sistema de Saneamento Rural – SISAR, estando sob gerência da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. A operação do sistema é realizada por moradores das próprias comunidades.

O sistema de abastecimento do SISAR é composto por bombas de sucção e recalque, caixa d'água e rede de encanamento. Apenas em Paus Branco existe a estrutura para tratamento preliminar com compartimentos para filtração e cloração, porém a mesma nunca entrou em funcionamento (Figura 10a). As 348 famílias que não possuem água encanada captam a mesma por meio de animais (Figura 10b) ou por bombas particulares do tipo mergulhão.



FIGURA 10 – Formas de captação da água no assentamento. [a] SISAR; [b] captação manual. Novembro/09.

O acesso da população à água no assentamento 25 de Maio necessita de melhorias para que a distribuição seja mais uniforme. No

processo de formação das comunidades há 21 anos, muitas destas foram se firmando em determinadas posições do assentamento onde não existem açudes ou com volume insuficiente para assegurar água às famílias durante o segundo semestre do ano. Quando o açude não seca totalmente no período de estiagem, a água remanescente apresenta qualidade bem inferior. Estudo realizado por Feitosa (2011) nos açudes Mel e Paus Branco, no assentamento 25 de Maio, avaliou que, no período de estiagem, há um aumento na concentração de sais e no índice de estado trófico dos açudes.

As famílias que precisam se deslocar até os reservatórios ou poços para buscar água costumam captar de 80 a 140L por dia. Nas comunidades como Caiçara, Perdição, Nova Vida II, Agreste, e Paus Ferro, os moradores precisam caminhar cerca de 2 km para ter acesso à água, resultando na média de três viagens por dia utilizando animais e tambores com capacidade de 40L por viagem.

Essas dificuldades de captação da água se tornam mais graves quando chega o período de estiagem, e muitas famílias passam a recorrer ao abastecimento por meio de carros pipas. Essa ação emergencial é onerosa para as condições econômicas dos moradores e os elevados riscos de contaminação da água pelo desconhecimento da fonte utilizada e pelo manejo inadequado da água pela a empresa ou pessoa responsável são eminentes.

O consumo per capita de água varia com o acesso à água. Por meio de medições realizadas nos domicílios, encontrou-se que para comunidades que possuem água encanada o consumo per capita encontrado foi 100 L.dia⁻¹. Para os que se deslocam até os açudes, o consumo médio avaliado foi de 40 L.dia⁻¹. Essa realidade é comum às comunidades rurais do semiárido.

A instalação de adutoras e estações de tratamento de água é a solução mais adequada e eficiente para assegurar o abastecimento de água dessas comunidades, uma vez que o assentamento possui um açude com capacidade de 18 milhões de metros cúbicos e outros reservatórios.

4.1.2 Vertente Resíduos Sólidos

No assentamento não existe sistema de coleta de resíduos sólidos realizado pelas prefeituras dos municípios a que o assentamento pertence. As famílias geradoras são responsáveis pelo destino final do lixo produzido. De acordo com os resultados das entrevistas, 63% têm a queima como o principal meio de destino final dos resíduos (Figura 11). Estudo realizado por Borges et al (2006) em quatro assentamentos rurais paulistas, encontrou que a prática da queima é o principal destino dos resíduos sólidos quando da inexistência de serviço público de coleta.



FIGURA 11 – Na comunidade Paus Branco foi presenciada a queima de resíduos sólidos domésticos e de pneus próximo às residências e à Estação de Tratamento de Água na comunidade. Jan/10

As outras formas de destinos dos resíduos encontradas foram disposição ao ar livre (13%) e soterramento (2%), bem como a combinação dos mesmos: queima e soterramento (2%), queima e lançamento ao ar livre (18%) e soterramento e lançamento ao ar livre (2%).

Com a ação dos ventos e dos animais domésticos (cachorro e gato), e de criação (porco, galinha, cabra e bode) que são criados soltos na área, ocorre o deslocamento e dispersão desse lixo, principalmente plástico. É

perceptível a presença e acúmulo de lixo nas margens das estradas e dentro das próprias vilas (Figura 12).

Além de prejuízos ao cenário paisagístico da zona rural, a disposição inadequada dos resíduos sólidos gera problemas de contaminação do solo e das águas, bem como a propagação de doenças às famílias devido à proliferação de insetos e roedores.



FIGURA 12 – Acúmulo de resíduos sólidos nas margens da estrada da comunidade São Nicolau. Nov/09.

Em uma comunidade rural, a matéria orgânica pode ser usada como matéria prima para diversos fins, desde ração animal, uso combustível, além da produção de adubo orgânico (BARBOSA, 2005). O resíduo orgânico proveniente dos restos de alimentos e da produção agrícola do assentamento 25 de Maio é em 92 % dos casos reaproveitado pelas famílias na alimentação dos animais, representando um sistema eficiente de destino para este tipo de resíduo.

A produção média de resíduos recicláveis (papel, papelão, metal e vidro) por famílias na zona rural não se difere muito da produção na zona urbana (STREB *et al.*, 2004). As taxas de geração diferem em função dos

hábitos de consumo de cada família (BARBOSA, 2005). O melhor tratamento para esse tipo de resíduo é a coleta seletiva e posterior reaproveitamento desse material, seja na reutilização ou na confecção de novos produtos (CISAM, 2006).

No assentamento em estudo, poucos são os domicílios que têm seus resíduos reaproveitados, não ultrapassando 3% do total (Figura 13). Verifica-se a necessidade de um programa de educação ambiental junto às famílias visando, de forma participativa, mudanças de comportamento quanto ao destino do lixo. Ressaltem-se os benefícios que o mesmo pode gerar com a constituição de um ambiente mais limpo e saudável e também a possibilidade de geração de renda para as famílias.

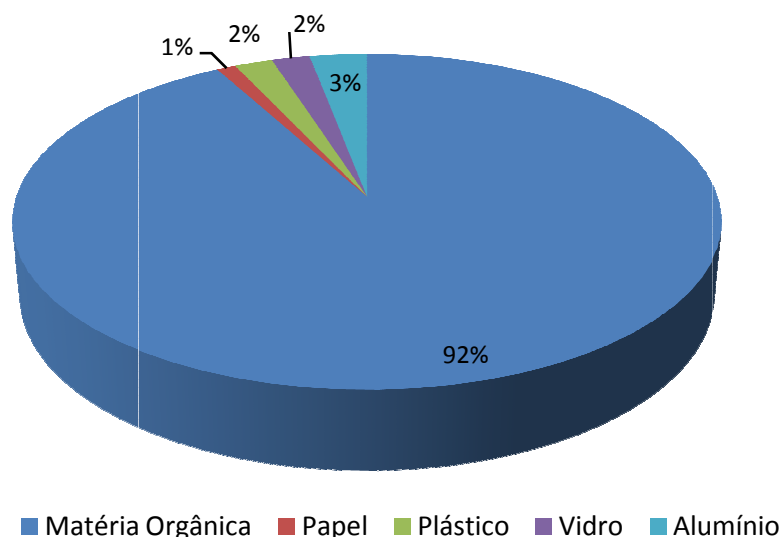


FIGURA 13 – Percentual de reaproveitamento de resíduos sólidos no assentamento 25 de Maio-CE.

Cerca de 23% dos entrevistados utilizam algum tipo de agrotóxico nas plantações, sendo os mais freqüentes: inseticida, herbicida, folidol, foliciple, folisuper e Cyperpour 15. Consoante o destino dado às embalagens de agrotóxicos, 60% dos entrevistados disseram que queimam, 27% enterram, 1% reutilizam, 3 % armazenam e 9,3% queimam e enterram. Esse é um resultado preocupante, uma vez que não existe a prática destes agricultores de enviar as embalagens para o seu destino correto, que são as unidades de recebimento,

como determina a Lei nº 9.974/2000 (BRASIL, 2000) que dispõe sobre fabricação, manejo e controle dos agrotóxicos.

A exposição e manipulação inadequada deste tipo de material geram problemas de saúde de ordem individual e coletiva, devido sua ação cancerígena, como também a contaminação da água, solo e culturas e de quem os utilizam. Dos que utilizam agrotóxicos, 65% afirmam não utilizar nenhum equipamento de proteção individual como luvas, botas, máscara e óculos.

Os cinco postos de saúde existentes no assentamento geram resíduos de classe I – perigoso, devido a suas características infecto-contagiosas (ABNT, 2004). O destino dado a esse resíduo é por meio da escavação de uma vala seguido da queima do mesmo realizado pelos próprios funcionários dos postos dentro do assentamento. Porém, foram encontradas, na área circunvizinha do maior posto do assentamento, seringas enterradas (Figura 14).

O recolhimento e a incineração dos resíduos de saúde é o destino mais adequado, o que confere a geração de um subproduto inerte. No entanto, quando realizada fora de uma estrutura adequada, essa prática oferece risco à população de entorno.

Fica evidente a necessidade de um plano de gerenciamento integrado do resíduo sólido no assentamento 25 de Maio, aliado à participação das famílias e da prefeitura no que concerne a coleta, tratamento, reaproveitamento e destino adequado aos resíduos sólidos.



FIGURA 14 – Resíduos sépticos encontrados na área circunvizinha do posto de saúde da Comunidade Paus Branco. Jan/10

4.1.3 Eixo Esgotamento Sanitário

Em relação aos equipamentos sanitários presentes nos domicílios do assentamento 25 de Maio, os dados obtidos com as entrevistas mostraram que 28% dos domicílios possuem banheiro completo (vaso e chuveiro), 47% possuem vaso sanitário e local para banho, e 25% não possuem vaso sanitário.

Não existe sistema público de coleta de esgoto no assentamento e as formas de destino dos efluentes foram por sumidouro, fossa séptica e lançamento *in natura* no quintal. O tipo de destino varia com o tipo de origem do efluente. Como mostra a Figura 15, as águas cinzas (efluentes do banho, lavagem de roupa e louça) em sua quase totalidade vão para o quintal (Figura 15).

As águas negras (efluente do vaso sanitário) em 70% dos domicílios são direcionadas para fossas negras, com posterior percolação no solo. Cerca de 28% lançam o esgoto do vaso sanitário diretamente no quintal. Essa disposição contribui para a contaminação do solo e das águas seja por escoamento superficial seja por infiltração.

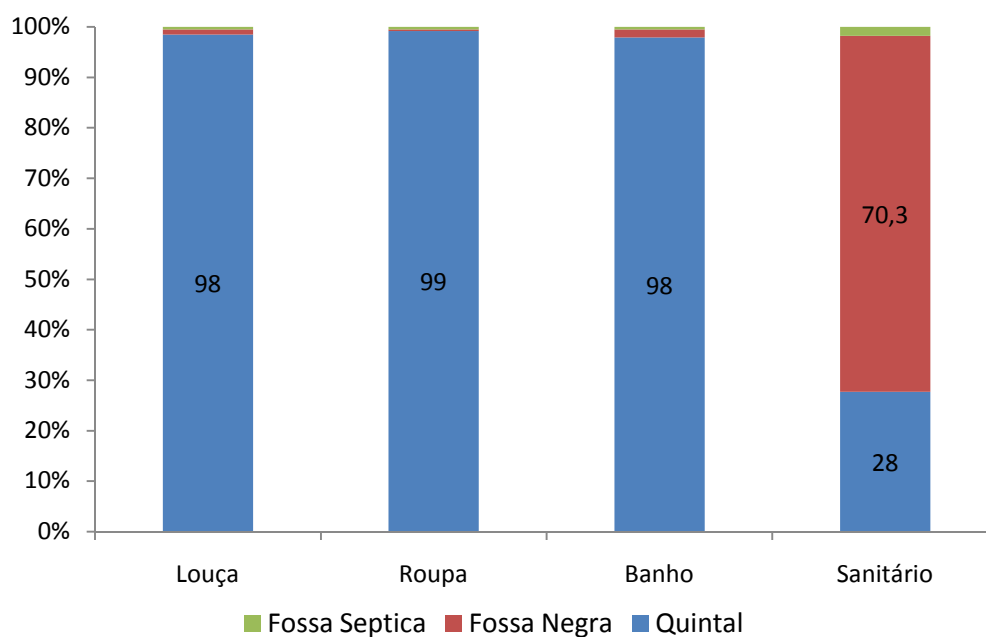


FIGURA 15 – Destino dos efluentes no assentamento 25 de Maio no ano de 2010.



FIGURA 16 – Lançamento de efluentes no quintal de uma escola na comunidade de São Nicolau. Nov/09.

A responsabilidade pela manutenção das fossas negras é do proprietário do domicílio e um dos problemas mais freqüentes nas comunidades é a redução do tempo de uso dos mesmos em função do tipo do

solo. Por estar situado em solos sobre o embasamento cristalino, o potencial de infiltração é baixo, fazendo com que essas fossas encham mais rapidamente, sendo necessário esgotá-las com maior frequência ou construir outra com volume maior, tornando-se oneroso e com tempo curto de funcionamento.

Sessenta e quatro módulos do sistema Fossa Verde foram implantados no assentamento 25 de Maio por meio do Projeto “Biorremediação Vegetal do Esgoto Domiciliar: Água Limpa, Saúde e Terra Fértil”. Os módulos foram construídos em duas escalas: padrão ($2 \times 1,5 \times 1 \text{ m}^3$) e grande ($3 \times 2 \times 1 \text{ m}^3$), seguindo as especificações do ECOCENTRO IPEC (LEGAN, 2007).

Das fossas construídas apenas metade encontram-se em perfeito funcionamento. No que concerne a problemas de implantação, o principal entrave surgido foi o subdimensionamento das fossas, pois foi observado que nas casas que possuem água encanada o esgoto extravasou devido ao maior lançamento de águas servidas.

Nos locais onde o dimensionamento das fossas verdes está condizente com o volume de esgoto produzido, foi observado o não extravasamento e a ausência de refluxo do efluente em dias normais ou mesmo com ocorrência de precipitação pluviométrica. Observou-se também a completa ausência de odores.

As cascas de coco utilizadas no sistema como filtro são difíceis de serem encontradas e transportadas no caso do assentamento 25 de Maio, visto que não é comum a ocorrência de coqueiro na região, sugere-se a busca por outras matérias que possam substituir este material orgânico seco.

As culturas apresentaram bom desenvolvimento num período de seis meses, assim como ausência de manchas nas folhas. Isso decorre da correta provisão de nutrientes, ressaltando o potencial nutritivo dos esgotos domiciliares (Figura 17).



FIGURA 17. Fossa Verde com 6 meses de implantação. Set/10

Como o funcionamento ideal da Fossa Verde prevê o mínimo extravasamento do efluente, em condições normais de uso e funcionamento, e que as águas cinzas e negras sejam direcionadas par o sistema, conclui-se que as dimensões adotadas para a Fossa Verde não são adequadas ao volume de consumo registrado nessas comunidades.

Galbiati (2009), no Estado de Goiás, encontrou problemas de extravasamento de esgoto sugerindo uma readequação do dimensionamento desses sistemas. Utilizando o tanque de evapotranspiração apenas para o destino dos efluentes dos sanitários, a autora mencionada sugeriu uma área mínima de 16m².

Considerando o consumo médio per capita encontrado de água de 100 L/hab.dia nas residências com rede de água, e de 40 L/ hab.dia nas comunidades sem água encanada e adotando-se coeficiente de retorno de 0,80, sugere-se neste estudo um dimensionamento baseado nas taxas de evapotranspiração média para a região de 6 mm/dia (Araújo *et al*, 2006), podendo ser observada na seguinte equação:

$$A = \frac{q \times N \times 0,8}{ETo} \quad (11)$$

A = área superficial do tanque (m²)

q = consumo per capita de água (m³/dia)

N = número de habitantes do domicílio

ETo = evapotranspiração de referência média local (m/dia)

As áreas encontradas para os dois tipos de consumo e adotando a média de cinco pessoas por residências, foram de 67 m² e de 27 m², podendo ter o seu comprimento e largura variando com a disponibilidade do terreno. A profundidade de 1m é condizente, em virtude da presença de afloramentos rochosos e do solo raso.

A Fossa Verde demonstra um grande potencial para irrigação de microáreas auxiliando na formação de quintais produtivos e também na composição paisagística. Recomenda-se a adoção de um sumidouro acoplado ao sistema em caso de extravasamento de efluentes ocasionado por consumo atípico de água, e estudos referentes a essa tecnologia para sua melhor adequabilidade e otimização de sua eficiência às famílias do semiárido.

4.2 Caracterização dos Recursos Hídricos

4.2.1 Múltiplos usos e aspectos hidrológicos

No assentamento existem 12 açudes responsáveis pela garantia hídrica de diversas atividades, tais como abastecimento humano, dessedentação de animais, pesca, recreação, irrigação, lavagem de roupas e de equipamentos. Todos são utilizados para os múltiplos usos, exceto na comunidades Raíz, Maracajá e Logradouro, cujas águas não são utilizadas para fins de abastecimento domiciliar.

Segundo Lima Neto *et al.* (2011) e Malveira *et al.* (2011), os açudes do assentamento foram classificados quanto ao seu volume como um de médio porte, cinco de micro porte e seis de pequeno porte. A Tabela 9 apresenta as características físicas dos reservatórios em estudo.

TABELA 9. Características física dos reservatórios no assentamento 25 de maio em Madalena-CE.

	Volume* (hm ³)	Área da Bacia (km ²)	Área do Espelho d'água (km ²)	Volume médio escoado (1000m ³ /ano)	Capacidade de Armazenamento
Agreste	2,50	5,29	0,29	280	Pequeno
Logradouro	1,80	4,47	0,10	237	Pequeno
Maracajá	0,65	1,06	0,05	56	Micro
Mel	0,06	3,02	0,03	160	Micro
Nova Vida 2	1,30	15,28	0,23	808	Pequeno
P. Brancos	5,50	22,54	0,57	1192	Pequeno
Perdição	0,73	5,89	0,05	311	Micro
Quieto	18,00	75,38	2,84	4006	Médio
Raiz	1,50	5,03	0,12	1339	Pequeno
S. Nicolau	0,89	36,10	0,53	1910	Micro
São Joaquim	5,00	31,05	0,82	1642	Pequeno
Tanques	0,02	0,36	0,02	19	Micro

Fonte: * Relatório Técnico do INCRA (ACACE, 2005); Demais resultados estimados no âmbito desta pesquisa.

O açude Quieto apresenta a maior capacidade de armazenamento de água com 18 hm³. Embora ocupe uma posição estratégica na região central do assentamento, o açude só abastece 394 pessoas de quatro comunidades: três por adutora e uma com a utilização de animais. O restante da população do 25 de Maio tem nos micros e pequenos reservatórios a principal fonte hídrica superficial, enaltecendo a importância que os pequenos açudes representam para as comunidades rurais difusas do semiárido.

A Figura 18 mostra o modelo digital do terreno (MDT) do assentamento 25 de Maio com os principais divisores de água dentro do assentamento e a direção predominante do escoamento superficial. O assentamento está situado entre as cotas 250-350m. A lâmina média anual escoada é aproximadamente de 50 mm, calculada por meio do modelo de aporte médio anual de Molle e Cadier (1992).

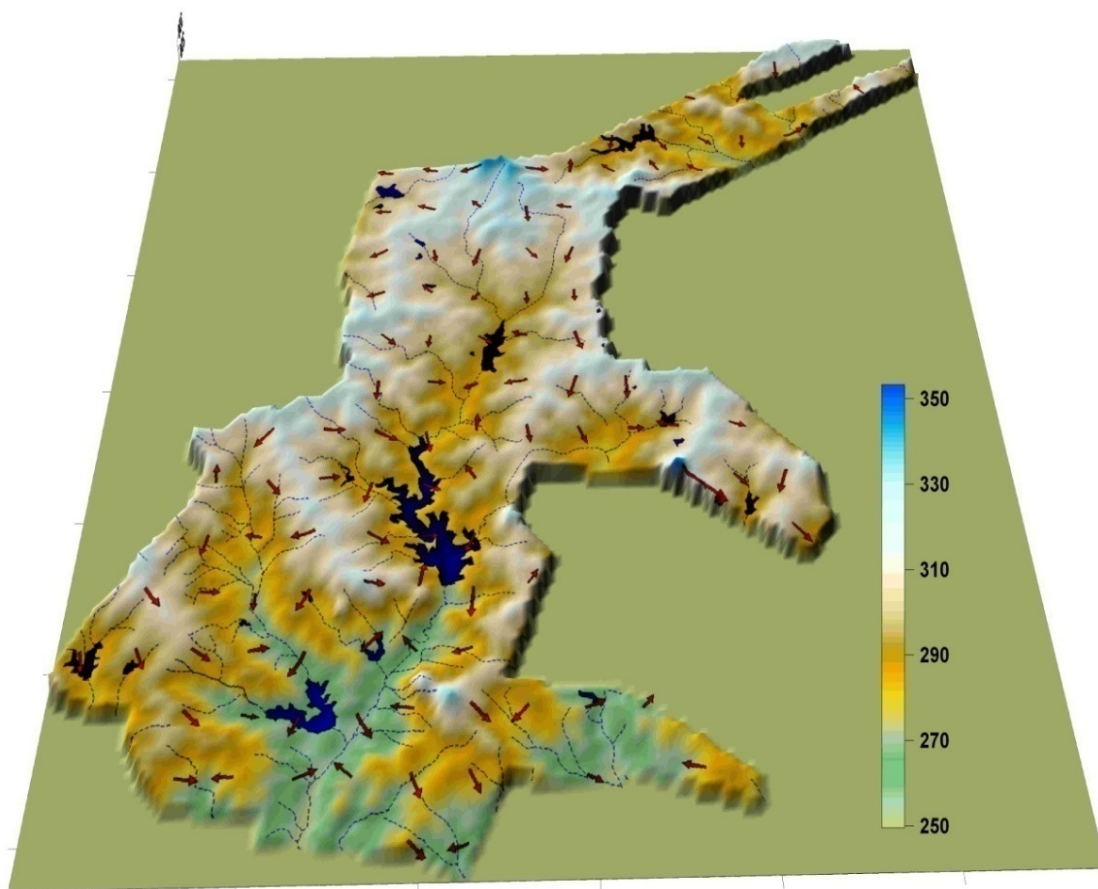


FIGURA 18. Modelo digital do assentamento 25 de Maio-Ce e direção predominante do escoamento superficial.

A Figura 19 traz o mapa com a delimitação das 12 bacias hidrográficas que compõem o cenário hídrico superficial do assentamento 25 de Maio.

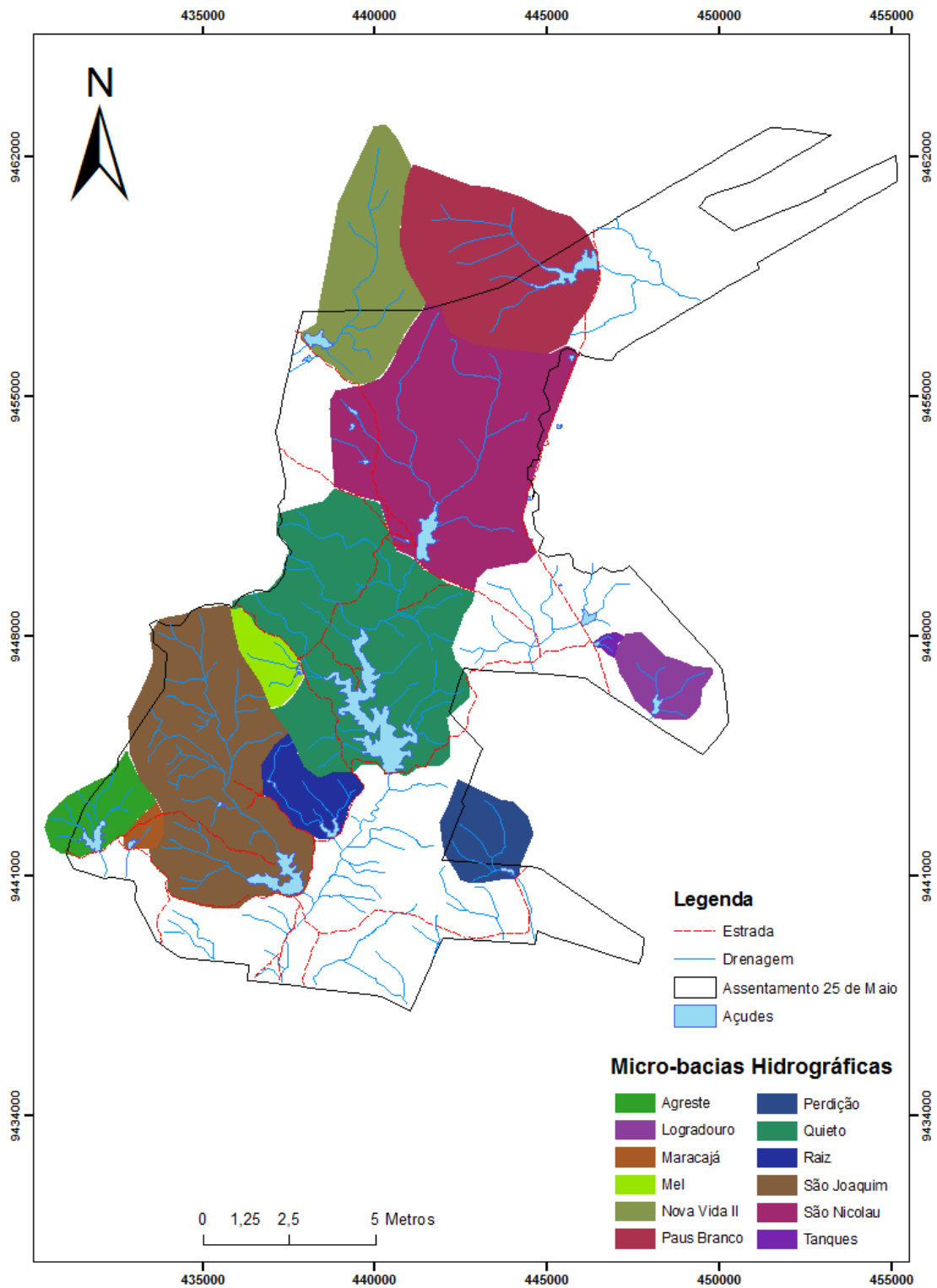


FIGURA 19. Delimitação das doze micro-bacias hidrográficas dos açudes do assentamento 25 de Maio.

4.2.2 Condições de Uso e Ocupação do Solo e sua Implicação na contribuição de cargas aos reservatórios

Por meio de imagem de satélite datada de agosto de 2010 e uso do geoprocessamento com verificação *in loco*, foram extraídas informações sobre formas de uso do solo no assentamento 25 de Maio e das 12 bacias de contribuição dos reservatórios da área em estudo, permitindo a confecção de carta (Figura 20).

A classe “mata preservada” corresponde à vegetação caatinga arbórea e arbustiva preservada, ocupando 21% da área total do assentamento. A categoria “agropecuária” refere-se aos terrenos destinados às culturas temporárias e a criação de bovino-caprinos no assentamento, ocupando 61% da área. Caracterizam-se pela agricultura de sequeiro para finalidade de subsistência com o plantio de milho, feijão, fava, mamona e capim. A pecuária extensiva, com a criação do gado leiteiro, é a principal atividade econômica dos assentados do 25 de Maio.

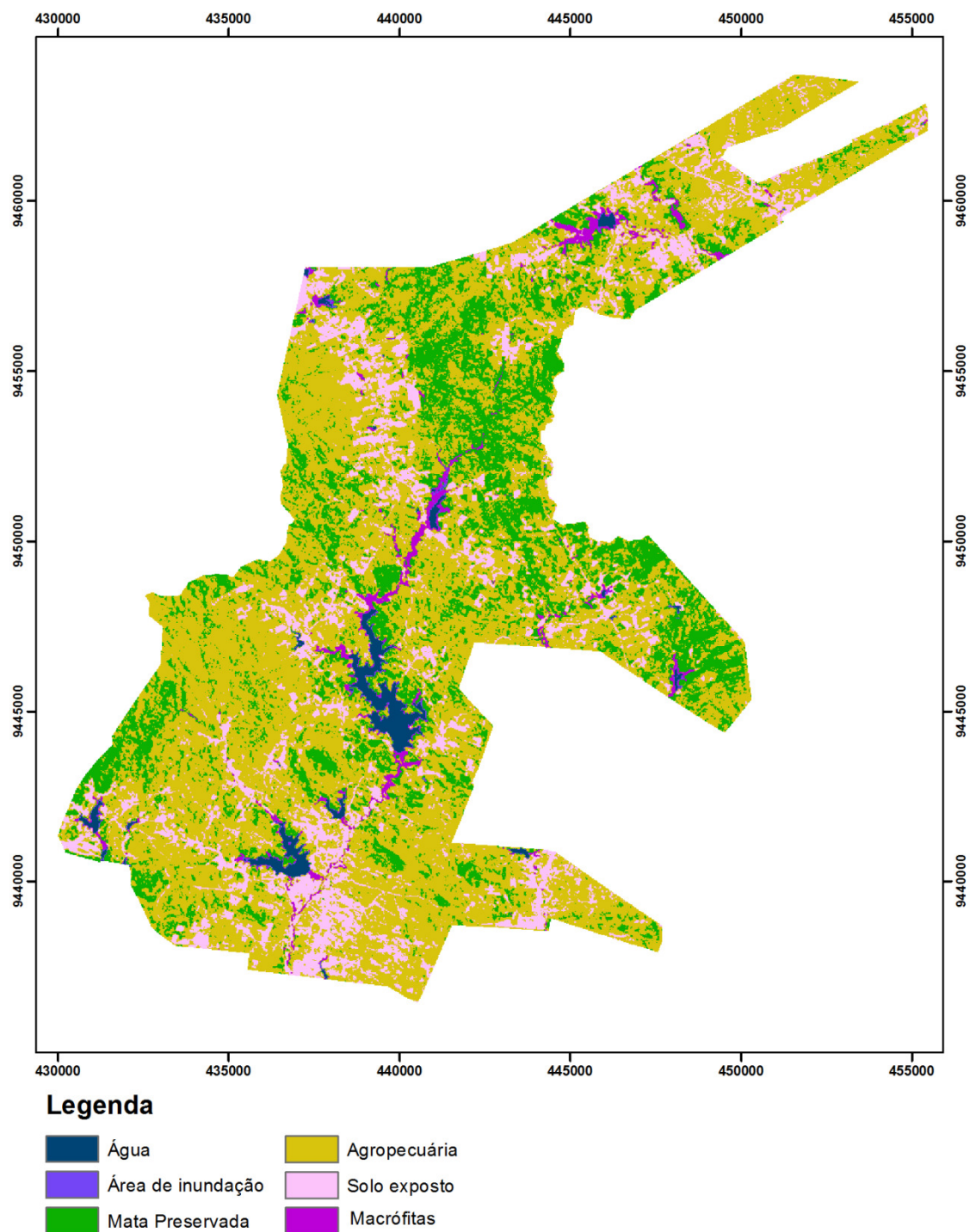


FIGURA 20 – Mapa de classificação do uso e ocupação do solo do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce no mês de julho do ano de 2010.

A classe “solo exposto” corresponde às áreas com ausência total de vegetação, agregando também, as áreas das comunidades e as estradas. Essa classe ocupa 14% do assentamento. A categoria “Área de Inundação” refere-se às áreas que ficam expostas após a redução do volume dos açudes. Nestas regiões ocorre o plantio de vazante, que garante a segurança alimentar das famílias em períodos de longa estiagem. Na data da imagem esta classe ocupou 0,43% da área.

A categoria correspondente a “água” refere-se aos reservatórios, ocupando 2% da área. A classe “vegetação densa” corresponde às macrófitas aquáticas, que se acumulam nos meandros dos açudes e de capins desenvolvidos ou plantados no leito dos rios. Esta classe representa 2% da área total.

A partir do mapa de uso do solo, os valores obtidos para as bacias dos reservatórios podem ser visualizados na tabela 10.

TABELA 10 – Classificação do solo para as 12 micro-bacias hidrográficas do assentamento 25 de Maio-Ce.

	Água		Área de Inundação		Mata Preservada		Agropecuária		Solo Exposto		Vegetação Densa	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Agreste	0,192	3,615	0,051	0,955	2,048	38,60	2,192	41,316	0,759	14,297	0,065	1,216
Logradouro	0,060	1,340	0,033	0,734	2,117	47,36	1,828	40,897	0,289	6,468	0,143	3,195
Maracajá	0,026	2,438	0,014	1,300	0,104	9,805	0,727	68,364	0,177	16,631	0,016	1,463
Mel	0,035	1,143	0,025	0,819	0,171	5,659	2,231	73,819	0,560	18,540	0,001	0,019
Nova Vida	0,184	1,207	0,074	0,483	5,322	34,83	7,699	50,396	1,752	11,470	0,245	1,606
Paus Branco	0,147	0,654	0,025	0,112	9,240	40,97	11,09	49,213	1,299	5,763	0,740	3,280
Perdição	0,185	1,699	0,066	0,601	1,846	16,90	7,148	65,459	1,581	14,475	0,094	0,865
Quieto	2,343	3,108	0,484	0,643	20,27	27,51	41,51	55,063	8,66	11,490	1,646	2,183
Raiz	0,122	2,415	0,047	0,938	1,020	20,26	3,161	62,806	0,623	12,371	0,060	1,202
São Joaquim	0,751	2,419	0,148	0,477	5,282	17,01	21,79	70,189	2,847	9,168	0,229	0,738
São Nicolau	0,167	0,463	0,119	0,329	13,26	36,74	17,63	48,852	4,321	11,969	0,594	1,645
Tanques	0,003	0,808	0,005	1,454	0,014	3,877	0,225	63,166	0,109	30,533	0,001	0,162

A bacia do Logradouro foi a que apresentou maior percentual de mata preservada (47%), seguida de Paus Branco (41%). As que apresentaram

maior desmatamento da vegetação nativa foram as bacias de Tanques, Mel e Maracajá, não ultrapassando 10% de área preservada.

As bacias com maior percentual de área ocupada por pastos e agricultura foram Mel (74%) e São Joaquim (70%). Essa classe é a que possui maior representatividade em termos percentuais para todas as bacias. Estes dados reforçam a influência que pecuária extensiva exerce nos solos dos semiáridos, deixando-os mais vulneráveis a erosão e a desertificação.

Mediante a ocupação por solo exposto, as bacias que apresentaram as maiores áreas com ausência total de vegetação foram Tanques (31%) e Mel (19%), principalmente nas margens dos açudes. Nestes reservatórios, foram encontrados os maiores valores de turbidez da água (32,7 e 14,7 NTU respectivamente), indicando a entrada de sedimentos no reservatório, ocasionando o assoreamento dos mesmos.

No açude São Nicolau foi identificado por meio de imagens de satélite e reconhecimento de campo com embarcação a formação de extensos bancos de sedimentos na entrada do afluente principal. Existe uma preocupação local dos moradores com a perda de capacidade anual de armazenamento do reservatório ocasionado pelo assoreamento.

Com os resultados da classificação dos usos do solo e baseado na contribuição de fósforo e nitrogênio pelas fontes pontuais e difusas, foi estimado o aporte de nutrientes para cada reservatório (Tabela 11).

TABELA 11 – Estimativa de contribuição de nutrientes (N e P) em kg.ano^{-1} nos açudes do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce.

Contribuição de Nutrientes (N e P) em kg.ano^{-1}					
	Esgoto	Mata Preservada	Agropecuária	Solo Exposto	TOTAL
Agreste	66	430	1392	1946	3834
Logradouro	0	443	1161	169	2596
Maracajá	0	22	462	454	937
Mel	82	36	1417	1438	3153
Nova Vida	361	1118	4889	1025	7031
Paus Branco	263	1940	7047	760	9862
Perdição	49	388	4539	4054	9030
Quieto	821	4355	23357	13662	45195
Raiz	0	214	2007	1597	3819
São Joaquim	0	1109	13841	7303	22336
São Nicolau	115	2785	11198	2528	16872
Tanques	181	3	143	64	210
TOTAL	1938	12843	71453	35000	121234

A principal contribuição de nutrientes para os reservatórios do assentamento 25 de Maio são das áreas de agropecuária, representando 59% da carga total. Em seguida, têm-se as contribuições por solos expostos que são responsáveis por 30% do valor total de nutrientes aportados. Os esgotos domiciliares nas áreas circunvizinhas dos reservatórios contribuem com 1% da carga total estimada.

Nas áreas de caatinga preservada as taxas de exportação de nutrientes em relação às outras classes foram mais baixas, contribuindo com 10% da carga estimada para os açudes. A cobertura vegetal do solo contribui para que o solo não perca seus nutrientes por meio do processo de denudação mecânica do solo (LACERDA; SENA, 2005).

4.2.3 Avaliação da Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água pelo IQA reflete a interferência de substâncias orgânicas, nutrientes, sólidos e aspectos microbiológicos na água bruta para o abastecimento humano, não sendo limitante para outros tipos de usos da água. Sua aplicação não é instrumento de avaliação de atendimento a legislação ambiental, mas sim de comunicação para o público das condições gerais de qualidade dos corpos d'água (VON SPERLING, 2006).

A Tabela 12 apresenta os valores dos q_i^{wi} calculados para os oito parâmetros que compõem o IQA nos meses de abril e novembro, a partir dos resultados nas análises laboratoriais e das curvas de calibração de cada parâmetro. No mês de novembro, devido a problemas operacionais com a equipe de campo, só foi possível a coleta de amostra de oito dos doze açudes referenciados.

O IQA calculado para o mês de abril mostrou que onze açudes foram classificados na categoria **REGULAR** ($51 < IQA \leq 70$), com o maior valor para o Açude Agreste (68,46). O açude Tanques teve sua água classificada como **RUIM** ($25 < IQA \leq 50$), apresentado valor de 49,80.

O IQA calculado para o período de estiagem permitiu classificar como **BOM** cinco dos açudes (Mel, Nova Vida, Paus Branco, Quieto e São Joaquim). Dois açudes foram classificados como **REGULAR** (Raiz e São Nicolau) e Tanques permaneceu como **RUIM**.

Os valores dos IQAs no período seco foram maiores que no período chuvoso. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro (2007) no açude Acarape do Meio - Ce, e por Lucena *et al* (2008) em três açudes do semiárido paraibano.

TABELA 12. Indicadores de qualidade da água (qi^{wi}) utilizados no cálculo do IQA.

Abril/2010	OD mg/L	qi OD	CT NTU/100mL	qi CT	pH	qi pH	Dbo mg/L	qi dbo	PT mg/L	qi PT	N/T mg/L	qi NT	Turb	qi turb	ST Mg/L	qi ST	IQA
Agreste	4,00	2,08	30,00	1,96	7,07	1,80	3,60	1,76	0,15	1,58	1,87	1,63	4,28	1,50	32,00	1,37	68,46
Logradouro	3,20	1,94	160,00	1,83	7,02	1,80	7,43	1,65	0,15	1,58	0,96	1,65	3,39	1,50	58,81	1,39	57,39
Maracajá	4,41	2,15	74,00	1,90	7,50	1,80	13,50	1,65	0,07	1,62	1,56	1,64	5,15	1,50	32,00	1,32	63,58
Mel	4,80	2,21	930,00	1,68	7,35	1,80	4,59	1,73	0,12	1,60	1,90	1,63	14,68	1,46	32,00	1,32	58,48
Nova Vida II	2,50	1,82	36,00	1,95	6,80	1,81	9,91	1,65	0,15	1,58	1,24	1,64	11,08	1,48	33,62	1,32	53,92
Paus Branco	3,60	1,99	240,00	1,80	7,10	1,80	5,67	1,65	0,10	1,61	1,12	1,64	2,66	1,50	32,00	1,32	56,07
Perdição	2,75	1,86	7,40	2,07	7,22	1,80	7,05	1,65	0,08	1,62	1,61	1,64	1,37	1,51	32,00	1,32	60,18
Quieto	3,31	1,95	9,20	2,05	7,51	1,80	8,61	1,65	0,11	1,60	1,12	1,64	8,46	1,48	32,00	1,32	61,06
Raiz	3,85	2,05	36,00	1,95	7,05	1,80	8,02	1,65	0,20	1,56	1,76	1,63	12,03	1,47	32,00	1,32	58,60
São Joaquim	3,25	1,95	92,00	1,88	6,93	1,81	11,76	1,65	0,22	1,55	1,70	1,63	7,53	1,49	32,00	1,32	54,35
São Nicolau	3,20	1,96	430,00	1,75	6,80	1,80	12,29	1,65	0,21	1,56	1,60	1,64	82,20	1,56	32,00	1,32	53,26
Tanques	2,25	1,78	28,00	1,97	7,95	1,79	8,86	1,65	0,32	1,50	3,36	1,60	35,70	1,43	32,00	1,32	47,15

Novembro/2010	OD mg/L	qi OD	CT NT/100mL	qi CT	pH	qi pH	DBO mg/L	Qi DBO	PT mg/L	Qi PT	NT mg/L	qi NT	Turb	qi Turb	ST mg/L	qi ST	IQA
Mel	5,87	2,31	43	1,94	8,22	1,78	3,95	1,90	0,06	1,63	0,08	1,66	15,45	1,46	9525	1,37	81,85
Nova Vida II	6,24	2,33	3,6	2,11	7,91	1,79	0,50	1,52	0,07	1,62	0,12	1,66	6,38	1,49	1094	1,37	73,34
Paus Branco	4,90	2,21	3,6	2,11	8,33	1,77	2,62	1,82	0,05	1,63	0,17	1,66	3,7	1,50	300	1,45	88,67
Quieto	7,86	2,39	3	2,12	7,91	1,79	1,93	1,76	0,11	1,60	0,13	1,66	17,02	1,46	7258	1,37	84,97
Raiz	5,83	2,32	3,6	2,11	7,85	1,79	7,99	1,61	0,19	1,56	0,24	1,66	45,04	1,40	3871	1,37	69,78
São Joaquim	5,94	2,32	3	2,12	8,37	1,77	4,29	1,92	0,23	1,54	0,27	1,66	33,54	1,42	201	1,47	89,92
São Nicolau	6,34	2,34	150	1,84	7,87	1,79	0,59	1,54	0,15	1,58	0,13	1,66	20,02	1,45	160	1,48	67,21
Tanques	4,74	2,21	1100	1,67	7,87	1,79	11,05	1,60	1,40	1,29	0,49	1,65	351,50	1,16	2729	1,37	35,73

Esses resultados mostram a forte dependência da qualidade da água em regiões semiáridas com o processo hidrológico. As águas apresentaram sua pior qualidade no período chuvoso (mês de abril) em consequência do aporte de matéria orgânica, sedimento e outros contaminantes, acumulados no solo durante o ano, pelo escoamento superficial gerado pela precipitação e ressuspensão. Relatos dos moradores do assentamento 25 de Maio afirmam que a maior incidência de doenças diarréicas e de pele acontece com início das chuvas por meio do uso dessas águas.

No período seco a entrada de nutrientes nos açudes pelo escoamento é nulo. Os animais, principalmente o gado, que ao beber água nas margens dos açudes deixam seus dejetos, passam a ser a principal fonte de entrada de nutriente no período de estiagem (Figura 21).



FIGURA 21 – Dessedentação do gado no açude Mel. Set/10.

Segundo Kiehl (1980), um gado bovino produz diariamente 28-50 kg de fezes e urina, e contribui anualmente com 78,9kg de nitrogênio, 20,6 kg de fósforo e 4,024 kg de DBO. Foi obtida por meio do cadastro de vacinação do gado no assentamento em julho de 2010, a quantidade de 4.500 cabeças de gado. Pro isso, essa fonte de poluentes torna-se uma preocupação iminente no que se refere à qualidade das águas de pequenos reservatórios. Salienta-se a

importância da adoção de bebedouros para o gado e cercas, impedindo que o mesmo adentre nos açudes utilizados para abastecimento humano.

Os reservatórios são detectores sensíveis de impactos antrópicos, visto que são ecossistemas artificiais que integram as conseqüências do uso e ocupação do solo dentro de sua bacia de drenagem, por isso devem ser monitorados e geridos de modo a terem a melhor qualidade da água possível.

Embora os açudes tenham seus volumes reduzidos pela evaporação no período seco, a assimilação de nutrientes em regiões tropicais é maior do que em regiões temperadas (ESTEVES, 1998). Estudo limnológico realizado por Feitosa (2011) nos açudes Paus Branco e Mel, do Assentamento 25 de Maio, encontrou uma redução nos valores de fósforo e nitrogênio no período seco. Isso pode ser explicado pela precipitação do fósforo, e consumo do nitrogênio pelas algas (ESTEVES, 1998).

Ribeiro (2007) no açude Acarape do Meio identificou que o valor do índice IQA varia com a profundidade de coleta das amostras, sendo pior na região mais profunda. Vale salientar que a profundidade das coletas para os açudes do assentamento 25 de Maio foi de um metro, próxima da superfície, onde a água é sempre de melhor qualidade devido à influência dos ventos e da radiação solar. Desta forma, pode-se inferir que, para camadas mais profundas, o índice calculado apresentará piores resultados.

O açude Tanques, que apresentou IQA menor no segundo semestre, teve seu volume reduzido pela evaporação ficando no mês de novembro com profundidade máxima de 1 metro. A baixa profundidade e a quantidade de sedimentos presente justifica a redução do seu IQA nesse período.

O índice, apesar de ser de fácil aplicabilidade, apresenta restrições por não considerar outros parâmetros que podem prejudicar o abastecimento público, como a presença de metais pesados e de toxinas, devendo fazer parte dos programas de monitoramento da qualidade de água de açudes pra fins de abastecimento humano.

O bom aspecto da água proporciona aos consumidores uma sensação de pureza, levando-os a não tratarem a água para consumo, nem pelo menos por um processo de desinfecção, o que certamente minimizaria o risco de veiculação de enfermidades (OTENIO *et al*, 2007).

Quando as cisternas secam ou não existem, as famílias consomem as águas dos açudes e não realizam tratamento. Análise parasitológica na saída da ETA da comunidade Paus Branco, com maior número de famílias, detectou a presença de 2 ovos de helmintos/mL. A portaria 518 determina ausência desses vermes na água. A contaminação da água do açude Paus Branco está associada à presença de animais soltos que adentram o açude. A ausência de tratamento da água pela ETA e pelas famílias torna iminente o risco coletivo de parasitoses intestinais.

Outro problema que vem afetando os reservatórios do assentamento 25 de Maio é o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas (Figura 22a e 22b). As macrófitas aquáticas têm um importante papel ecológico nos ecossistemas aquáticos continentais, contribuindo para estruturação física do ambiente e fornecendo substrato, abrigo e alimento para diversas espécies de vertebrados e invertebrados, além de contribuírem para ciclagem de nutrientes (ESTEVES, 1998).

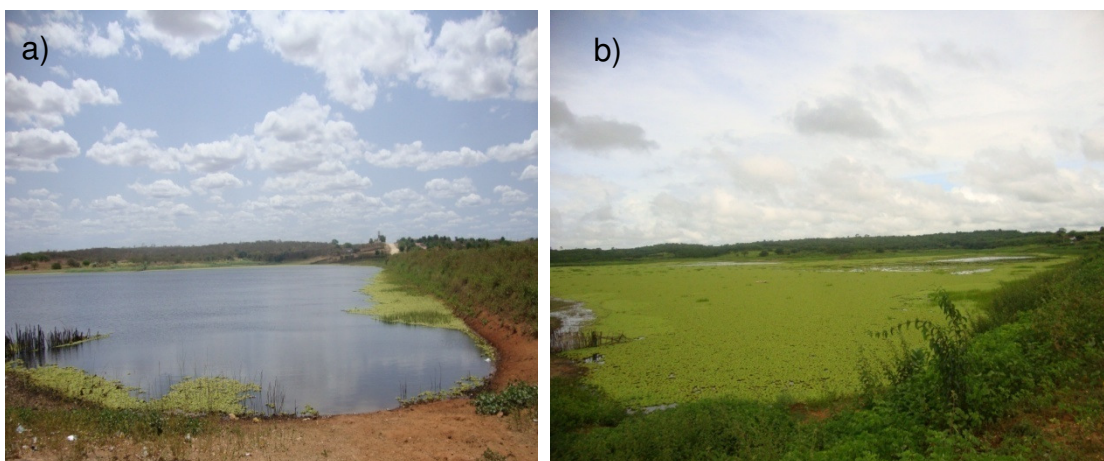


FIGURA 22. (a) Açude Paus Branco - Set/10 (b) Açude Paus Branco – Mar/11.

No entanto, seu crescimento excessivo ocorre com freqüência em ambientes eutrofizados (CANCIAN, 2007). A espécie de macrófita identificada na maioria dos açudes foi a *Pistia stratiotes*, mais conhecida como alface d'água. A grande quantidade dessas plantas pode acarretar inúmeros problemas, como: acúmulo de lixo e outros sedimentos, proliferação de vetores e doenças, dificuldades na navegação e prejuízos ao abastecimento e à pesca, podendo ser denominadas de daninha (CAMPOS *et al*, 2010).

Os açudes Paus Branco, Nova Vida e São Nicolau são os que apresentam maior biomassa de macrófitas na superfície do lago. Pescadores de Paus Branco relataram a ocorrência de reações alérgicas na pele devido o contato com a água coberta de *Pistia stratiotes*. Isso denota a importância de um plano de manejo para as macrófitas, e principalmente um controle das entradas de nutrientes nos reservatórios.

4.3 Índice de priorização de áreas para o saneamento rural

A determinação dos locais para a construção das Fossas Verdes no assentamento 25 de Maio não utilizou o índice de priorização de áreas para saneamento rural. Na presente dissertação é feita apenas uma relação entre o índice construído e os dados obtidos durante a etapa de construção do Projeto Fossa Verde no ano de 2010.

4.3.1 Índice de Valorização dos Açudes – IVA

A Tabela 13 mostra o IVA calculado para os açudes do assentamento expressando a disponibilidade hídrica que esses mananciais representam para as famílias dessas comunidades.

TABELA 13. Índice de Valorização dos Açudes – IVA calculado para os açudes do assentamento 25 de Maio-Ce.

Açude	IVA
Agreste	0,333
Logradouro	0,167
Maracajá	0,000

Mel	0,938
Nova Vida	0,667
Paus Branco	0,667
Perdição	0,667
Quieto	0,667
Raíz	0,333
São Joaquim	0,667
São Nicolau	0,716
Tanques	0,632

Os valores desse índice ficaram em 66% dos casos acima da média, o que denota a função estratégica desses reservatórios para o desenvolvimento de atividades e fixação do homem no assentamento 25 de Maio. O açude com maior IVA foi o açude Mel e o menor valor foi para o açude Maracajá.

4.3.2 Índice de Contribuição de Cargas – ICC

A concentração de nutrientes nos açudes foi obtida pela relação entre a carga afluyente e volume dos açudes. Quanto maior a concentração de nutrientes no reservatório maior será sua prioridade a ações que reduzam essas taxas de entrada. Controlar fontes difusas de poluição numa bacia hidrográfica demanda ações mais complexas e um programa de gestão e gerenciamento do uso e ocupação do solo com participação de todos os agentes envolvidos no processo.

No entanto, a eliminação das fontes pontuais ocorre de forma mais rápida e eficaz. Para o assentamento 25 de Maio, a implantação de esgotamento sanitário nas casas em áreas de contribuição dos reservatórios é a primeira ação a ser efetuada. A Tabela 14 traz as concentrações estimadas de nutrientes e o Índice de Contribuição de Cargas – ICC calculado para os reservatórios.

TABELA 14 – Índice de contribuição de cargas calculado para os açudes do assentamento 25 de Maio-CE

	ICC
Agreste	0,117
Logradouro	0,025
Maracajá	0,139
Mel	0,157
Nova Vida	0,027
Paus Branco	0,019
Perdição	0,227
Quieto	0,063
Raiz	0,021
São Nicolau	0,083
São Joaquim	0,028
Tanques	0,055

O açude que apresentou a maior concentração de nutrientes estimados foi o açude Perdição, sendo o mais prioritário a intervenções de acordo com o ICC. Os açudes Logradouro e Raiz apresentaram menores concentrações de nutriente estimado.

4.3.3 Índice em Função da Qualidade da Água – IFQA

Para o cálculo do IPAS, os valores referentes ao IFQA são inversamente proporcionais ao IQA. Os açudes com pior qualidade de água necessitam de maior priorização. A Tabela 15 apresenta o índice qualidade de água que compõem o IPAS.

TABELA 15. Índice em Função da qualidade de água calculado para os açudes do assentamento 25 de Maio-Ce

Açude	IFQA
Agreste	0,315
Logradouro	0,426
Maracajá	0,364
Mel	0,415
Nova Vida	0,461
Paus Branco	0,439
Perdição	0,398

Quieto	0,389
Raíz	0,414
São Joaquim	0,456
São Nicolau	0,467
Tanques	0,528

Neste índice os valores ficaram num intervalo de 0,315-0,528. O açude que apresenta maior prioridade é o açude Tanques. Este possui volume de 20.000 m³ e seca totalmente todos os anos, sendo utilizado pela comunidade para lavagem de roupa e dessedentação de animais. Em último e não menos importante ficou o açude Agreste.

4.3.4 Índice de Capital Social - ICS

Na composição do índice de Capital Social, conforme dados constantes na Tabela 13, observa-se que a média encontrada para o assentamento 25 de Maio foi de 0,713, apresentando um nível médio de integração social entre os moradores do assentamento. A comunidade do assentamento que apresentou o maior índice, com 0,808, foi a comunidade Perdição e a comunidade do Quieto apresentou o menor índice, 0,540.

Para Mayorga *et al* (2004), comunidades com maiores níveis de capital social são mais propensas a se desenvolverem do que comunidades com baixos níveis de capital social. Isso se deve ao benefício que surge do acúmulo de articulações sociais e ao grau de organização da sociedade, gerando melhorias na qualidade de vida da população e criando alternativas para superar os problemas existentes na região.

TABELA 16 – Índice de Capital Social calculado para o assentamento 25 de Maio-Ce

	ICS-IPAS
Agreste	0,750
Logradouro	0,702
Maracajá	0,750
Mel	0,744
Nova Vida	0,738
Paus Branco	0,755

Perdição	0,808
Quieto	0,540
Raíz	0,667
São Joaquim	0,638
São Nicolau	0,574
Tanques	0,702

Sabendo-se que os extremos do índice são 0 (menor prioridade) e 1 (maior prioridade), os valores em torno da média demonstram uma preocupação quanto ao engajamento da população à aceitação e participação em projetos que visam melhorias e que contam com a participação de toda a comunidade para serem eficientes. A experiência da equipe de pesquisadores do Projeto Fossa Verde no assentamento confirma o que o Índice demonstrou. Dificuldades de mobilização e participação dos moradores nas fases do projeto foram encontradas.

O indicador mais representativo e crítico na formação do ICS foi o referente à indagação se as pessoas se interessam mais pelo seu próprio bem estar do que pelo bem estar da comunidade. Este resultado é preocupante, uma vez que denota uma fragilidade de um indicador tão importante para a composição desse índice, consoante a ações que priorizem o bem estar coletivo.

4.3.5 Hierarquia de Ações - IPAS

O acesso à salubridade que o saneamento promove é de direito de todos e de responsabilidade do poder público. No entanto, ações pontuais podem ser realizadas com a participação comunitária promovendo o bem estar das populações de comunidades rurais isoladas.

A Tabela 17 apresenta a hierarquização dos doze açudes que abastecem as 13 comunidades do assentamento 25 de Maio, segundo o Índice de Priorização de Áreas para o Saneamento. A hierarquização não representa a exclusão das outras comunidades quanto aos benefícios da implantação de ações de saneamento, no entanto, auxilia na identificação das áreas que são

mais vulneráveis a riscos de saúde pública promovidas pela deteriorização das águas de abastecimento. Comunidades mais organizadas e participativas são mais receptivas e atuantes em ações que beneficiam a comunidade.

Para o IPAS, os índices com maior representatividade foram o de capital social e o de valorização dos açudes, com participação de 41% e 21% respectivamente. O índice com menor participação no IPAS foi o índice de contribuição de cargas.

TABELA 17 – Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural – IPAS calculado para o assentamento 25 de Maio-Ce

	IVA	ICC	IQA	ICS	IPAS	Hierarquia
Agreste	0,333	0,117	0,315	0,750	0,379	9º
Logradouro	0,167	0,025	0,426	0,702	0,330	11º
Maracajá	0,000	0,139	0,364	0,750	0,313	12º
Mel	0,938	0,157	0,415	0,744	0,563	1º
Nova Vida	0,667	0,027	0,461	0,738	0,473	4º
Paus Branco	0,667	0,019	0,439	0,755	0,470	5º
Perdição	0,667	0,227	0,398	0,808	0,525	2º
Quieto	0,667	0,063	0,389	0,540	0,415	8º
Raíz	0,333	0,021	0,414	0,667	0,359	10º
São Joaquim	0,667	0,083	0,456	0,638	0,461	6º
São Nicolau	0,716	0,028	0,467	0,574	0,447	7º
Tanques	0,632	0,055	0,528	0,702	0,479	3º

Segundo o IPAS, o açude a ser priorizado em virtude das suas vulnerabilidades ambientais e da importância que o mesmo representa para sua comunidade do entorno é o açude Mel. O açude Mel é um micro-reservatório e foi construído em 2006, sendo a principal fonte de água para comunidade de mesmo nome. As margens estão quase em sua totalidade desprotegidas pela ausência de mata ciliar, o que contribui para o carreamento de sedimentos e poluentes para dentro do açude. O açude é utilizado para os múltiplos usos, tendo como principal agente degradador da qualidade da água o gado bovino.

Em penúltimo ficou o açude Logradouro. Por ser distante 3 km da comunidade mais próxima, Paus Ferro, este açude passa a ser subutilizado,

porém merece ser preservado por ser uma fonte hídrica potencial com qualidade de água adequada ao abastecimento doméstico e desenvolvimento de diversas atividades desde que seja com um manejo adequado.

4.4 **Experiência do Projeto Fossa Verde no Assentamento 25 de Maio-Ce e Avaliação do IPAS**

O projeto de pesquisa Biorremediação Vegetal do Esgoto Domiciliar: Água Limpa, Saúde e Terra Fértil, desenvolvido por um grupo interdisciplinar formado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária-INCRA, Universidade Federal do Ceará-UFC e Universidade Estadual do Ceará-UECE, estuda a viabilização e adequações da tecnologia Fossa Verde para o semiárido nordestino e propõe um modelo participativo de saneamento rural, contemplando a manutenção da qualidade da água das fontes hídricas e o bem-estar das populações envolvidas.

O projeto teve como área de implantação da tecnologia o Assentamento 25 de Maio, com início em 2009. A comunidade foi envolvida em todas as etapas do projeto. As visitas e reuniões mensais com os moradores de cada comunidade e líderes de associações, bem como com representantes da área da saúde como médicos e agentes de saúde permitiram conhecer a realidade das comunidades e a troca de informações quanto às necessidades deles em relação às condições de saneamento e os benefícios que a tecnologia Fossa Verde possa trazer ao assentamento (Figura 23).



FIGURA 23. Reuniões com os moradores do assentamento 25 de Maio.

Com ênfase no aproveitamento dos recursos existentes do projeto para a construção das fossas, foram selecionadas 60 edificações que incluíram domicílios, escolas e postos de saúde. Cada comunidade recebeu um módulo da Fossa Verde em equipamento coletivo, atribuindo nessa implantação um benefício comunitário.

O projeto entrou com o recurso e a capacitação de pedreiros do próprio assentamento sobre as técnicas de construção das fossas verdes. Em contrapartida cada comunidade teria que se organizar e construir as fossas desde a escavação até a coleta do material de preenchimento. Salienta-se que as pessoas envolvidas na construção receberam ajuda de custo na segunda fase do projeto, que concerne à construção das fossas nas residências.

Seminários e mini-cursos foram desenvolvidos no assentamento para repassar os resultados do diagnóstico, da análise de água dos açudes e das cisternas aos moradores, bem como proposta de soluções para os problemas identificados no âmbito do abastecimento de água, da conservação da qualidade da água e dos resíduos sólidos.

Diversos foram os entraves que surgiram nas construções dos módulos.

Nas comunidades do assentamento 25 de Maio, organização, participação e a presença de liderança foi o fator decisivo no direcionamento dos investimentos do Projeto Fossa Verde. O não comprometimento e a falta de interesse dos moradores fizeram com que as fossas fossem destinadas às quatro comunidades mais interessadas na tecnologia (Paus Branco, Quietão, Paus Ferro e Mel) que hoje se encontram parcialmente saneadas com as Fossas Verdes.

A comunidade Mel, primeira na ordem de hierarquia, foi contemplada com 15 fossas verdes nas residências que estão localizadas na bacia de contribuição do açude Mel e Quietão. As famílias se mostraram interessadas em

todas as etapas da implantação e na maioria das fossas instaladas, estas se encontram funcionando adequadamente.

Na comunidade Perdição, segundo lugar na priorização, embora o índice de capital social tenha sido maior, a fragilidade do ICS está na veracidade das respostas, uma vez que as repostas não condizem com a realidade da comunidade, por não apresentar um líder comunitário participante. Esta comunidade foi contemplada apenas com uma fossa verde, e esta não se encontra em operação.

A comunidade ao redor do açude Tanques é Paus Ferro. No índice esta se encontra em 3º lugar na ordem de hierarquia, no entanto, Paus Ferro foi a comunidade mais organizada e que mais se desempenhou na implantação dessa alternativa de saneamento rural, em função da conscientização de seus moradores com a conservação da qualidade dos açudes. Nessa comunidade foram construídas 16 fossas e todas se encontram funcionando de acordo com as recomendações do projeto.

A quarta localidade apontada pelo IPAS foi a comunidade Nova Vida. Contudo, a comunidade não conseguiu assimilar a importância da tecnologia fossa verde como uma alternativa viável para saneamento. Diante disso, tal comunidade foi contemplada com apenas um módulo na escola, e mesmo assim, muitas dificuldades na construção foram verificadas.

Na comunidade Paus Branco, quinto lugar na hierarquia, em primeiro momento houve uma boa receptividade à tecnologia disseminada. Sendo assim, foram construídas doze fossas verdes nas residências do entorno do açude Paus Branco. Porém, na etapa da construção ocorreu atraso na obra em virtude da falta de motivação das famílias contempladas.

As comunidades de São Nicolau e São Joaquim, segundo o IPAS ficaram em sexta e sétima posições de hierarquia respectivamente. De fato essas comunidades não demonstraram interesse e ambas receberam apenas uma fossa cada, e que não se encontram em funcionamento.

O IPAS priorizou em oitavo lugar a comunidade Quieto. No entanto, a comunidade foi contemplada com nove fossas em razão do seu interesse com a tecnologia e por estar situada na localidade o maior reservatório do assentamento.

As demais comunidades apresentaram compatibilidade entre o índice e as condições observadas pela equipe do projeto. A comparação entre a hierarquia observada nas comunidades e a proposta pelo IPAS pode ser observada na figura 24. Eliminando os extremos mais discordantes que foram Nova Vida e Raíz. O IPAS apresentou um bom desempenho sendo necessários ajustes que melhorem sua eficiência, no entanto, representa um instrumento eficaz no direcionamento de investimentos na área de saneamento rural.

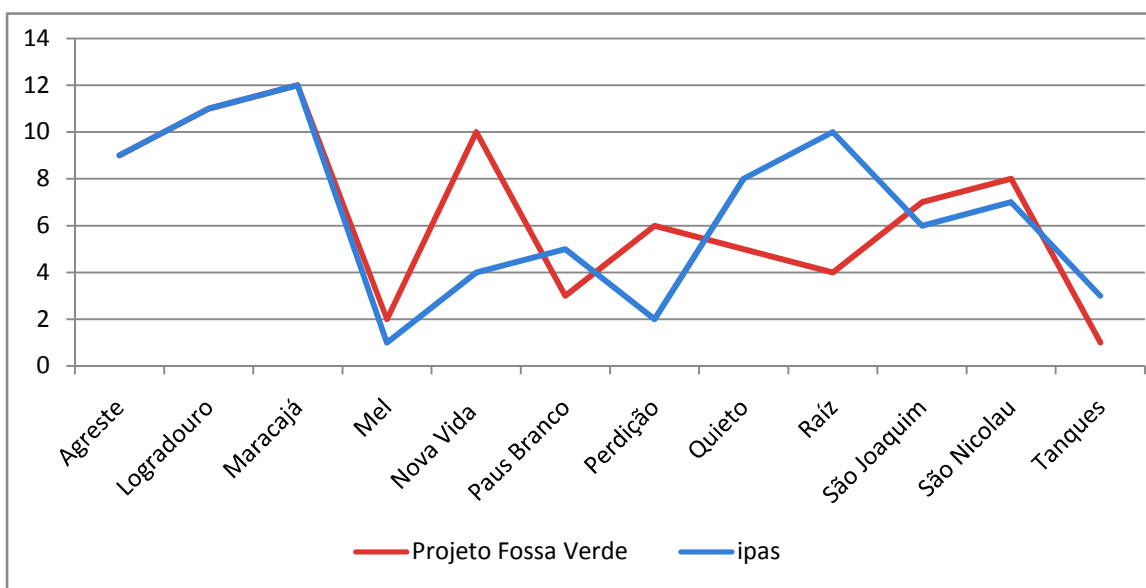


Figura 24 – Comparação da priorização estipulada pelo projeto Fossa Verde e calculado pelo IPAS. 2010.

5. CONCLUSÕES

As cisternas constituem a principal fonte de água para consumo direto de água no assentamento 25 de Maio-Ce. As análises físico-químicas e bacteriológicas apontaram contaminação por matéria orgânica e fecal em virtude da ausência de proteção das cisternas e pelo manejo inadequado da água.

Os açudes são responsáveis pela oferta hídrica destinada ao uso doméstico e demais atividades. No assentamento apenas cinco comunidades possuem rede coletiva de distribuição de água. Nas demais, a captação de água é realizada com auxílio de animais.

O consumo de água varia com o acesso à água. O consumo per capita de água para comunidades que possuem água encanada é de 100 L.dia⁻¹, e para os que se deslocam até os açudes, o consumo médio é de 40 L.dia⁻¹.

Não existe coleta pública de resíduos sólidos, sendo a queima o principal meio de destino dos resíduos. A disposição inadequada de resíduos no assentamento 25 de Maio gera problemas de prejuízos ao cenário paisagístico e proliferação de insetos e roedores.

Na ausência de esgotamento sanitário no assentamento, as águas cinzas são lançadas no quintal e as águas negras são direcionadas para fossas negras, contaminando o solo e as águas.

O sistema de saneamento rural Fossa Verde apresentou resultados satisfatórios somente para o destino das águas negras, em virtude do subdimensionamento do sistema, demonstrando ser uma tecnologia viável para o esgotamento sanitário em regiões semiáridas.

Os doze açudes do assentamento são utilizados para os múltiplos usos. Sendo que a maior oferta hídrica provem dos pequenos e micro reservatórios. Na área predomina a atividade agropecuária responsável pela maior taxa de exportação de nutrientes.

As águas apresentaram sua pior qualidade no início do período chuvoso (mês de abril). No período de estiagem, a principal entrada de nutrientes nos reservatórios é proveniente do gado bovino.

A utilização do IPAS constitui em uma ferramenta de grande relevância estratégica na formulação de políticas públicas de saneamento rural, onde a participação da comunidade é imprescindível para a melhoria da saúde local e preservação do meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C.; VIEIRA, L. L. de A.; BARROS, T. T.; COSTA, V. C.; PEDROSA, V. A. **Vulnerabilidade ambiental à eutrofização: Reservatório Carangueja**. Ix Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, 2008.

AMARAL, L. A.; NADER F.; ANTONIO; ROSSI, J.; OSWALDO, D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**; v. 37, n.4, 2003.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro, BA. **Anais...** Juazeiro: ABCMAC; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2003.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F. Indicadores da qualidade das águas superficiais na bacia do Baixo Acaraú, Ceará, pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 683-690, 2007.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1791-1797, 2007.

ANDRADE NETO, C O. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2004, Natal, Brasil. **Anais ...** Natal: ABES/APESB/APRH. 2004

APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: 1998.

ARAÚJO, J. C., GÜNTNER, A., BRONSTERT, A., 2006. Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 51, n. 1, pp. 157-170. DOI 10.1623/hysj.51.1.157.

ARAÚJO, J. C. Assoreamento em Reservatórios do Semiárido: Modelagem e Validação. In: REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: v.8, n.2, pp. 39- 56.

ARAÚJO, J. C.; MOLINAS, P. A. ; JOCA, E. L. L. ; BEMFEITO, C. J. S. ; BELO, P. S. C. . Custo de Disponibilização e Distribuição da Água por Diversas Fontes no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 281-307, 2005.

Articulação do Semiárido – ASA. **Programa um milhão de cisternas**. Disponível em: www.asabrasil.org.br. Acesso: 21/05/2010.

ASSOCIAÇÃO DE COOPERAÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DO CEARÁ-ACACE. Plano de recuperação do projeto de assentamento São Joaquim. Madalena, 2005.

BARBOSA, G. L. M. **Gerenciamento de resíduo sólido: assentamento Sumaré, Sumaré-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2005.

BARRETO, R. C. S. **Políticas públicas e o desenvolvimento rural sustentável no Estado do Ceará: estudo de caso**. Fortaleza, 2004. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Economia Agrícola, 2004.

BERNEY, M., WEILENMANN, H. H., SIMONETTI, A., EGLI, T. Efficacy of solar disinfection of Escherichia coli, Shigella flexneri, Salmonella typhimurium and Vibrio cholera. **J Appl Microbiol** 101: 828-836, 2006.

BERTO, J. L. **Balanço de Nutrientes em uma sub-bacia com concentração de suínos e aves com instrumento de gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BEZERRA, C. A. **Fragmento do território – bases para o desenvolvimento do semi-árido do Ceará** / Nizomar Falcão Bezerra – Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2004. 190p. ISBN 85-7504-058-8.

BEZERRA, N. S. SOUSA, M. J. G., PINHO, A. I. Análise microbiológica de água de cisternas na localidade cipó dos tomaz, município do crato-ce. **Cadernos de Cultura e Ciência**. Ano IV - Vol. 1- Nº 2 2010

BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Indicadores de saúde ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 1 – aspectos conceituais e metodológicos.

Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, jan/mar, 2003.

BOTTO, M. P., MOURA, N. C. B., S. ENA, A. V., PEQUENO, L. R. B. **Estudo quanti-qualitativo da precariedade das condições de saneamento ambiental em comunidades do Estado do Ceará**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande-MS, 2005.

BRAGA, A. F. Participação popular em projeto de saneamento ambiental. In: RIBEIRO, H. (organizadora). **Olhares geográficos: meio ambiente e saúde**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica**. Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

_____, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3 ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

_____, LEI Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil/_Ato2007-2010/2007/Lei/_leis2007.htm. Acesso em: 14 fev. 2011

_____, Fundação Nacional da Saúde. **Programas e ações de saneamento em comunidades isoladas no Brasil**. Oficina de modelos de gestão de saneamento e saúde em comunidades isoladas – caminhos para universalização - ABES – seção São Paulo. São Paulo, 2008.

_____, Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/selecaoIndiceIndicadores>. **Índice e Indicadores de Qualidade de Água**: Revisão da Literatura 2005. Acesso em: 02/05/2010.

CAMPBELL, D'ARCY, B., FROST, A. NOVOTNY, V. E SANSOM, A. Diffuse Pollution – Na introduction to the problems and solutions. **IWA Publishing**, UK. (2004).

CANCIAN, L. F. **Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes *pistia stratiotes* e *salvinia molesta* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo.** Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Universidade Estadual Paulista, Jabutical-SP, 2007.

CARNEIRO NETO, J. A.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; LOPES, J. F.B. Índice de sustentabilidade agroambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 32, p. 1272-1279, 2008.

CASTAGNINO, W. A. **Polucion de água.** Modelos y control. Lima, CEPIS. 1977.

CEARÁ, Assembléia Legislativa. **Cenário Atual dos recursos hídricos do Ceará / Conselho de Altos estudos e Assuntos Estratégicos, Assembléia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador).**- Fortaleza: INESP, 2008. 174p.: Il. – (Coleção Pacto das Águas)

_____, Associação de Cooperação Agrícola do Estado do Ceará (ACACE). **Plano de recuperação do projeto de assentamento São Joaquim.** Madalena-CE, 2005.

_____, Assembléia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Banabuiú / Conselho de Altos estudos e Assuntos Estratégicos, Assembléia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador).**- Fortaleza: INESP, 2009. 116p.: Il. – (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas, v.2) ISBN 978-85-87764-99-7.

_____, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Rede de Monitoramento de Qualidade da água – Rede de Monitoramento.** Fortaleza, 2008.

_____, Secretária da Saúde. **Perfil da Saúde no Ceará.** Disponível em: http://www.saude.ce.gov.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=470&Itemid=286 2009). Acesso 13/05/05. 2009.

_____, Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Estimativa de cargas de nitrogênio, fósforo e metais pesados de interesse ambiental para bacias inferiores do litoral do Estado do Ceará / Luiz Drude Lacerda**

(responsável), Fortaleza, 2005 – (Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Ceará).

COMITÊ DE PRESEVARÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS. **Utilizando de um índice de qualidade da água no rio dos Sinos**. Porto Alegre: COMITESINOS, 1990. p. 33.

DIOGO, P. A. M. **Fontes de fósforo total e o estado trófico de albufeiras em Portugal continental**. 2008. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa-Portugal.

DIOGO, P.A., COELHO, P.S, ALMEIDA M.C.; MATEUS, N. S., RODRIGUES, A.C. **Estimativa de cargas difusas de origem agrícola na bacia hidrográfica do rio Degebe**, 6º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA (SILUSBA), Associação Portuguesa de recursos Hídricos, Praia, Cabo Verde, 10 a 13 de Novembro, 2003.

ELLERY, A.E.L. ; ARAÚJO, J. C. ; RIGOTTO, R. ; ARAUJO, L. B. C. ; WIEGAND, M. C. ; CHAVES, S.R. . Produção do conhecimento de forma participativa: uma estratégia para além da transferência do conhecimento. Interface. **Comunicação, Saúde e Educação**, v. 14, p. 1-1, 2010

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, - Brasília: EMBRAPA produção de informação: Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

ESREY, S. A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M., VARGAS J.; WINBLAD, U. **Saneamiento Ecológico**, tr. da edição em inglês Ecological Sanitation. Agencia Sueca de Cooperación para el desarrollo Internacional - SIDA, Estocolmo, 1998.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 1998. 602p.

FEITOSA, L. S. **Aspectos limnológicos da pequena açudagem no semiárido: estudo de caso dos açudes do assentamento 25 de maio, Madalena-Ce**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, 2011.

FERREIRA, E. C. F.; ALMEIDA, M. C. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, 2005.

FIGUEIREDO, M. C. B. ; TEIXEIRA, A. S. ; ARAÚJO, L. F. P. ; ROSA, M. F. ; PAULINO, W. D.; MOTA, S. ; ARAÚJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, p. 399-409, 2007.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, 2009.

GALVÃO JUNIOR, A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Rev panam salud publica**. 2009;25(6):548–56.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção de indicadores de qualidade de água no rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 17/01-24, 2007.

GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semi-áridas. In: KÜSTER, A.; FERRÉ MARTI, J.; MELCHERS, I. (Org.). **Tecnologias apropriadas para terra seca: manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, GTZ, 2006. 212p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2007). **Censo Demográfico 2007**. IBGE: Rio de Janeiro, 2007

ISSAC-MARQUEZ, A. P.; LEZAMA-DAVILA, C. M.; KU-PECH, R. P.; TAMAY-SEGOVIA, P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. **Salud Pública Méx.**, 1994.

JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. 2000. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Tradução Dino Vannuci; Editor da série em português José Galizia Tundisi. São Carlos: ILEC; IIE; UNEP, 2000. 202p. v.1.

KAIK, T. S. V. **Análise crítica dos indicadores ambientais oficiais relacionados ao saneamento básico, tendo como estudos de caso quatro comunidades rurais do litoral norte do estado do Paraná –**

brasil. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

LACERDA, L. D., SENA, D. L. de. **Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará.** In: Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 2005, 62 p.

LEGAN L. **Soluções sustentáveis. Uso da água na Permacultura.** Mais Calango Editora. Pirenópolis, GO, 2007.

LIMA NETO, I. E., SANTOS, A. B. Planos de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. (Org.). **Gestão de Saneamento Básico.** Manole, 2009.

LIMA NETO, I. E. ; WIEGAND, M. C. ; ARAÚJO, J. C. . Sediment Redistribution due to a Dense Reservoir Network in a Large Semi-arid Brazilian Basin. **Hydrological Sciences Journal**, v. 56, p. 319-333, 2011.

LOPES, B. F., TEIXEIRA, A. S., MAIA, E. A., AQUINO, D. N., PEREIRA ARAÚJO, L. S. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 392-402, jul-set, 2008.

LUCENA, R. L., MENEZES, M. F., SASSI, R. Qualidade da água de reservatórios nas distintas zonas climáticas da Paraíba. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, ano 07, número 14, 2008

MALVEIRA, V. T. C.; ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A. (2011) Hydrological impact of a high-density reservoir network in the semiarid north-eastern Brazil. **Journal of Hydrological Engineering**, ASCE (no prelo).

MALVEZZI, R. **Semi-árido: uma visão holística.** Brasília: CONFEA, 2007. 140p.

MAYORGA, Fernando Daniel de O; KHAN, A. S.; MAYORGA, R. D.; LIMA, P.V.P.S. Capital social, capital físico e a vulnerabilidade do sertanejo: o caso das comunidades de Lutsal e Sítio Lagoa no município de Tauá, Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Rio de Janeiro, vol. 42, no 01, p.111-132, jan/mar 2004. 22p.

MANSOR, M.T.C. Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pinhal, Limeira-SP. Campinas. Tese de D.Sc.Universidade Estadual de Campinas, 2005.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife, SUDENE-DPG-PRN-ARP, 1992.

MONASTÉRIO, L. M. Capital Social e grupos de interesse: uma reflexão no âmbito da economia regional. 1999. In: XXVII Encontro Nacional de Economia, 1999, Belém. **Anais**. Belém: ANPEC, 1999.

MOREIRA, M. J., PETERNIANI, J. E. S. Uso de garrafas pet e energia solar na desinfecção de águas em comunidades rurais. **Eng. ambient.** - Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 060-069, jan/dez 2005

MOTA, S. **Gestão Ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008. 343p.

ODUM, E.P. **Ecologia**, Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S. A.,1988. 434p.

OTENIO, M. H., TOMÉ, M. C. C., CHIES, B. P. CLARO, E. M. T., OLIVEIRA, I. P., RAVAGNANI, C. Sanemanto básico, qualidade de água, e levantamento de enteroparasitas relacionando ao perfil sócioeconômicoambiental de escolares de uma área rural do município de Bandeirantes-PR. **Salusvita**, Bauru, v. 26, n. 2, p. 75-84, 2007

PACHECO, J. W. F. **Gestão de água na indústria de curtumes do estado de São Paulo – um diagnóstico sobre os princípios da produção mais limpa**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia), Centro Estadual de Educação Tecnológica Paulo Souza, São Paulo, 2010.

PASSETO, W. Dossiê do saneamento. **Esgoto é vida: pela incorporação da coleta, tratamento e disposição do esgoto sanitário na agenda de prioridades dos municípios brasileiros**. 4. ed., São Paulo: CEDIPLAC, 2006. 68 p.

PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V. 2005. Solos e vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.; SOUSA, M. S. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 480p. ISBN 85-7529-296-X.

PETRY, A. T. **Efeito potencial de gradiente trófico em rio urbano na formação de thialometanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2007.

PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. L.; LOPES, P. R. C. **Captação e aproveitamento de água da chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do semi-árido brasileiro.** In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina, PE, 1999.

RIBEIRO, i. V. A. S. **Estudo do estado trófico do reservatório Acarape do Meio mediante a determinação de Indicadores de Qualidade de Água.** Tese (Doutorado em Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, 2007.

SALAS, H.; MARTINO, P. **Metodologias Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales.** Programa Regional CEPIS/HPE/IOPS, Versão revisada, 2001, 52p.

SANTOS, M. C. R.; PACHECO, D. M.; SANTANA, F. J. P.; RODRIGUES, A. M. F. **A eutrofização das lagoas das Sete-Cidades e Furnas (S. Miguel – Açores) – Análise evolutiva entre 1998 e 2002.** Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, In: VII Congresso da Água. 2004. (COGERH, 2008).

SANTOS, R. S. S. **Saneamento e educação ambiental: a experiência do Bahia Azul nas escolas.** Florianópolis, 2004.

SCHERER, C. E. **Programas da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.** 2006.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. 276p. (Série BNB Teses e dissertações, n. 12) ISBN 979-85-7791-008-3.

SILVA, Rita de C. A.; ARAUJO, Tânia M. de **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8 n. 4, p. 1019-1028, 2003

SILVA, J. R. C., SILVA, F. J. Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento de propriedades de um solo litólico. **R. bras. Ci. Solo**, Viçosa, 21:441-446, 1997.

SMITH, V. H., JOYE, S. B., HOWARTH, R. W. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. **Limnol. Oceanogr**, 2006.

SODER, R. M. Indicadores de saúde e saneamento no meio rural em oito municípios da “metade sul” do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Enfermagem), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SOARES, S. R. A., BERNADES, R. S., NETTO, O. M. C. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 18(6):1713-1724, nov-dez, 2002

SOUSA, M. C. **Estudo da Sustentabilidade da Agricultura Familiar em Assentamentos de Reforma Agrária no Município de Mossoró-RN**. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e Meio Ambiente)-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2003.

SOUZA, D. A. **Bacia do ribeirão e represa do Lobo: Bases ecológicas para o planejamento regional, manejo e conservação**. São Carlos. 1993. 158 p. Tese (Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1993.

SOUZA, M. J. N. 2005. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.; SOUSA, M. S. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 480p. ISBN 85-7529-296-X.

STREB, C.S.; NAGLE, E.C.; TEIXEIRA, E.N. Caracterização do resíduo sólido doméstico: metodologia para avaliação do potencial de minimização. In: XXIX Congresso da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS. Puerto Rico, 2004

SUCUPIRA, P. A. P. **Indicadores de degradação dos recursos hídricos superficiais no médio e baixo vale do rio Acaraú-Ce**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.

TAVARES, A. C. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semiárido paraibano**.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 2009.

VIANA, R. B., CAVALCANTE, R. M., BRAGA, F. M. G., VIANA, A. B., ARAUJO, J. C., Nascimento, R. F., Pimentel, A. S. Risk assessment of trihalomethanes from tap water. In Fortaleza, Brazil. **Environ Monit Assess** (2009) 151:317–325

VOLLENWEIDER, R. A. **Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication**. OECD Cooperative Programme in Eutrophication. 1976

VON SCHIRNDING. **Health in sustainable development planning: the role of indicators**. Geneva: World Health Organization, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 425p. ISBN 85-7041-114-6.

WETZEL, R. G. 1993. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian. 1011p.

WIEGAND, M. C. **Proposta Metodológica para Estimativa de Produção de Sedimentos em Grandes Bacias Hidrográficas**. 2009, 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

WIT, M. E BEHRENDT, H. (1999). Nitrogen And Phosphorous Emissions From Soil To Surface Water In The Rhine And Elbe Basins; **Water Science and Technology**, 39, 12, 109-116.

ZANELLA, M. E. 2005. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.; SOUSA, M. S. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 480p. ISBN 85-7529-296-X.

ZANETI, I. C. B. B., SÁ, L. M. A educação ambiental como instrumento de mudança na concepção da gestão de resíduos sólidos domiciliares e na preservação do meio ambiente. In: **ANPAS**, 2002.